

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Direttore: RENATO SAN NICOLÒ

Redattori: F. BAROZZI - R. SARTORI - G. SILVA

Consiglieri di Redazione:

A. ASTA - S. BASILE - E. BOTTANI - F. CARATI - A. CARRER - C. CASTELLANI - F. CORREGGIARI - C. COSTADONI
V. DE MARTINI - N. FALETTI - L. MAGGI - M. MAINARDIS - G. MAIONE - L. MARENESI - F. NERI - M. PARIS
G. QUILICO - R. RIGHI - F. SCILLIERI - M. SILVESTRI - F. TEDESCHI - D. TOLOMEO - S. B. TONIOLO - A. VALLINI

Proprietaria ed Editrice: ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA (AEI).

Comitato per le pubblicazioni AEI: IL PRESIDENTE GENERALE: A. M. Angelini - GLI EX PRESIDENTI GENERALI: G. Bauchiero
G. Cenato, M. Semenza, G. Someda - I DIRETTORI ED EX DIRETTORI DELLE RIVISTE: E. Gatti, P. Lombardi,
R. San Nicolò - IL DIRETTORE EDITORIALE: C. Redaelli.

Direzione, Redazione, Amministrazione: UFFICIO CENTRALE AEI-CEI - VIA SAN PAOLO 10, MILANO - Conto Corrente Postale
3/1189 - Telegrammi: ASSELITA - MILANO - Telefoni: 794794-798897.

S O M M A R I O

PARTE PRIMA	Pag.	Note di Laboratorio:	Pag.
Noté di redazione	250	Impiego degli elettrometri tascabili per la costruzione di camere di ionizzazione (G. AGEIAO)	287
Articoli:		Notizie e Informazioni	289
Determinazione dello sviluppo dei sistemi elettrici di produzione con il metodo probabilistico (G. BROSSA)	251	Libri e Pubblicazioni	297
Criteri seguiti per la progettazione degli impianti di illuminazione pubblica, in strade urbane di grande traffico, realizzati a Roma in occasione della XVII Olimpiade (G. MARINI - S. ROSATI)	263	Dalle Riviste	299
Motori primi idraulici nell'anno 1960 (M. MEDICI)	278	Notizie Sociali:	
Rubriche varie:		Associazione Elettrotecnica Italiana:	
Lettere alla Redazione:		Notizie delle Sezioni: Sezione di Firenze, Sezione Veneta	308
Costruzione delle caratteristiche esterne di una dinamo con eccitazione in parallelo (R. SARTORI)	287	Comitato Elettrotecnico Italiano	311
		PARTE SECONDA	
		SUNTI E SOMMARI	57 D

Abbonamento per il 1961: in Italia L. 6500, all'Estero L. 8500.
Fascicoli separati: cad. in Italia L. 650, all'Estero L. 800.

I Soci dell'AEI hanno diritto di ricevere in abbonamento gratuito la rivista «L'Elettrotecnica» o, in sua vece «Alta Frequenza»; possono ricevere entrambe le riviste con un versamento suppletivo di L. 3000.
I Soci hanno diritto, oltre a quanto precede, allo sconto del 20% su tutte le pubblicazioni editte dall'AEI ivi compresi eventuali abbonamenti supplementari.
È vietato riprodurre articoli della presente rivista senza citarne la fonte. - Gli scritti dei singoli Autori non impegnano la Redazione e sia quelli degli Autori sia quelli della Redazione non impegnano l'AEI. - I manoscritti non si restituiscono. - Pubblicazione mensile. - Spedizione in abbonamento postale gruppo III°.

Per la LXII Riunione Annuale

Con la fine del corrente mese di aprile scade il termine stabilito per la presentazione dei testi delle Memorie destinate alla prossima Riunione di Torino.

Mentre scriviamo queste righe già un buon numero di Memorie sono pervenute alla Redazione e sono state passate in tipografia; siamo tuttavia ancora lontani dal numero totale di Memorie annunciate. Mentre ringraziamo i diligenti Autori che, con la loro sollecitudine hanno agevolato il difficile compito della Redazione e dell'Ufficio Centrale, rivolgiamo ai ritardatari un ultimo pressante appello perchè vedano di completare entro il termine prescritto il loro lavoro. Sarebbe veramente increscioso che qualche contributo, magari di pregio, non potesse venire acquisito al congresso per ragioni di tempo.

Come abbiamo fatto notare più volte, stabilito il principio di distribuire preventivamente, a stampa, tutte le Memorie da discutere, il piano di lavoro della Redazione e della Tipografia non presenta margini di tempo che consentano di ammettere dilazioni anche modeste della data di consegna.

Applicazioni dei criteri probabilistici

Il tecnico e in particolare il progettista, si trova spesso nella necessità di dover prevedere il futuro e di basarsi su previsioni per procedere nel proprio lavoro. Si tratta di una grave difficoltà che molte altre attività umane non conoscono e che rende molto spesso carica di gravi responsabilità l'opera del tecnico.

In gran parte dei casi si può fortunatamente partire da dati acquisiti nel passato e si tratta allora di praticare una estrapolazione in modo quanto più possibile razionale e attendibile. È facile comprendere come il compito che si impone al tecnico in queste condizioni sia arduo, delicato e spesso carico di gravi responsabilità. Si tratta spesso di impegnare ingenti capitali e un errore di ampiezza o di tempestività può portare conseguenze assai onerose.

Un caso particolare nel quale questi impegni finanziari assumono grande importanza è quello della programmazione nello sviluppo degli impianti elettrici di produzione di energia. Il problema di stabilire il numero, la potenza e la data di installazione dei nuovi gruppi si presenta di continuo al dirigente e al progettista cui spetta la responsabilità di far fronte nel modo migliore all'incremento dei consumi e di mantenere una giusta e adeguata riserva di macchinario.

Lo sviluppo del calcolo delle probabilità che ha incontrato nei nostri tempi tanta diffusione nel campo scientifico come in quello applicativo, può essere di grande giovamento per dare direttive razionali in questi casi.

È quanto mette in evidenza oggi G. BROSSA nell'articolo che pubblichiamo. La tecnica dispone ormai di molti dati di fatto circa il comportamento degli elementi che costituiscono un impianto di produzione di energia (turbine, alternatori, caldaie ecc.) e quindi sulla probabilità che qualcuno di essi vada fuori servizio. Applicando il principio delle probabilità composte e conoscendo il diagramma di durata del carico, è possibile determinare l'indice di rischio di un impianto o di un sistema di impianti. Si ha allora un elemento di valutazione ben ponderato in base al quale giudicare della opportunità maggiore o minore di una progettata soluzione.

Il metodo che viene proposto si presenta di grande interesse e può efficacemente contribuire a rendere possibile una sempre più razionale programmazione dello sviluppo dei nostri impianti.

Illuminazione pubblica

Dobbiamo a G. MARINI e S. ROSATI la descrizione degli impianti di illuminazione pubblica studiati e realizzati dalla Azienda Comunale Elettricità ed Acque, di Roma, in occasione della XVII Olimpiade.

I lettori potranno rendersi conto dei moderni criteri tecnici seguiti ed apprezzare, attraverso la documentazione, pur necessariamente limitata, che riproduciamo, gli ottimi risultati raggiunti sia nella illuminazione delle vie di grande traffico sia nella illuminazione artistica dei principali monumenti dell'Urbe.

Motori primi idraulici

Sebbene il margine di un anno sia relativamente un breve lasso di tempo, il progresso tecnico è attualmente così rapido e la attività costruttrice così intensa e, vorremmo dire febbrile, che da un anno all'altro vi sono sempre nuove cose degne di menzione, nuovi perfezionamenti da segnalare, nuovi impianti da indicare.

Nella ormai consueta rassegna annuale, M. MEDICI parla oggi sul giornale dei motori primi idraulici nello scorso anno e, inevitabilmente, fa cenno di molti impianti nei quali i motori sono stati installati o per i quali sono stati messi in costruzione.

I lettori potranno trovare nella rassegna una quantità di dati e di notizie che costituiscono sull'argomento un completo aggiornamento.

Note di laboratorio

I lettori troveranno in questo numero e sotto questo titolo una nuova rubrica che abbiamo destinato a mettere in luce le attività dei nostri laboratori di studio e di ricerca.

Avviene molto spesso che, nel corso di esperienze o di misure si arrivi a risultati o si escogitino artifici e dispositivi che, pur non essendo giudicati sufficienti per costituire materia di un articolo da pubblicarsi, rivestono notevole interesse per chi abbia ad occuparsi di analoghi studi o ricerche.

È un patrimonio di genialità che resta troppo spesso ignoto e inutilizzato mentre potrebbe utilmente essere fatto conoscere sia per il giovamento di altri sperimentatori sia anche come giusta documentazione di quanto viene fatto da studiosi e ricercatori spesso anche troppo modesti.

Crediamo che la nuova rubrica possa riuscire di vera utilità ma naturalmente non può essere mantenuta che con la volonterosa collaborazione degli interessati: ad essi rivolgiamo in proposito un preciso invito.

Comitato Elettrotecnico Italiano

Sono stati pubblicati i seguenti Progetti di Norme: Macchine per lavare e asciugare la biancheria di uso domestico e similare; Cavi isolati con carta impregnata per tensioni fino a 60 kV.

In altra parte del giornale pubblichiamo le Note illustrative che accompagnano questi Progetti.

DETERMINAZIONE DELLO SVILUPPO DEI SISTEMI ELETTRICI DI PRODUZIONE CON IL METODO PROBABILISTICO

GIANDOMENICO BROSSA (*)

L'autore illustra la applicazione del metodo probabilistico alla determinazione dello sviluppo dei sistemi elettrici. Stabilito il criterio che, nella sua espansione, un sistema di produzione non deve superare un certo rischio di disservizio, si applica il calcolo delle probabilità per individuare tale rischio con l'aumentare del numero delle unità in servizio, della loro potenza, nonché della forma dei diagrammi di carico. Viene interamente sviluppato un esempio pratico il quale dà modo di constatare l'utilità del sistema sia nella determinazione del momento in cui è opportuno installare nuove unità, sia nella individuazione della maggiore economicità fra due soluzioni diverse.

GENERALITÀ

L'accresciuta potenza dei sistemi elettrici e l'entità degli investimenti connessi impongono ogni giorno di più di determinare razionalmente lo sviluppo dei complessi di produzione di energia. Ciò significa studiare il modo migliore per soddisfare i carichi futuri, incrementando i sistemi nel momento più opportuno con unità di grandezza adeguata.

Il complesso degli studi relativi alle previsioni del carico ed alla progettazione dei sistemi, fanno parte della cosiddetta *programmazione dei sistemi elettrici o system planning*.

La conoscenza dei carichi futuri e delle loro caratteristiche importa ricerche di mercato opportunamente condizionate dalla reazione dei particolari settori di utilizzazione dell'energia elettrica.

Questi studi, impostati sui dati forniti dai servizi commerciali, si estendono di solito per un certo numero di anni e sono in parte facilitati dalla conoscenza dei coefficienti di espansione dei consumi sperimentati nel passato, per cui le previsioni, entro certi limiti, non consentono errori di notevole entità.

Problema fondamentale invece per lo sviluppo dei sistemi di produzione è la sicurezza di esercizio, strettamente connessa con la efficienza del macchinario e la corretta disponibilità della potenza di riserva.

Una potenza troppo bassa comporta rischi eccessivi di interruzioni, una riserva troppo alta elevati investimenti improduttivi.

La conoscenza dei rischi di interruzione per un determinato sistema consente di individuare quando una nuova unità deve essere aggiunta al sistema. Problema questo che può essere risolto soltanto quando si è individuato un criterio razionale di determinazione dei rischi di non soddisfare il carico.

Scopo principale di questa relazione è di illustrare un metodo per la determinazione dei rischi di disservizio, e conseguentemente della riserva di potenza, atto ad individuare quando nuove unità devono essere messe in servizio e ad impostare i confronti economici per la scelta della migliore potenza delle unità stesse.

Per la determinazione dei rischi di disservizio possono

essere utilizzati metodi tradizionali più o meno empirici basati sul concetto di assicurare una certa riserva al sistema.

Per metodi tradizionali non si intende evidentemente indicare sistemi ben definiti di calcolo, bensì i modi correnti di trattare il problema basandosi su assunzioni fatte, volta per volta, atte ad assicurare un certo grado di sicurezza nell'esercizio.

Uno dei criteri, in base ai quali può essere sviluppato il calcolo, è quello della *percentuale fissa*, cioè quello che si propone di mantenere, in ogni caso, un certo margine percentuale fisso di riserva rispetto alla potenza installata.

Un altro criterio, definito della *riserva costante*, è quello di mantenere una differenza costante fra la potenza del sistema e quella richiesta.

Tale criterio si concretizza in pratica nel considerare sufficiente una potenza di riserva atta a supplire l'uscita dal servizio di una o più grandi unità del sistema stesso.

I metodi tradizionali, basati come si è detto sul concetto di assicurare una determinata riserva, trascurando nella loro impostazione alcuni elementi quali il numero delle unità del sistema, la loro efficienza, nonché la forma dei diagrammi di carico, non offrono sempre criteri sufficienti di giudizio.

Si sono pertanto affermati metodi probabilistici di analisi basati su dati statistici che permettono una valutazione sistematica di tutti i fattori connessi ai problemi di sviluppo; essi hanno dimostrato che una loro applicazione ragionevole può offrire preziosi strumenti di ricerca.

Tali metodi partono dalle stesse premesse relative alla previsione dei carichi, ma a questo punto divergono fondamentalmente dai metodi tradizionali.

A differenza di questi, infatti, essi si fondano sulla conoscenza della composizione del sistema, della efficienza delle singole unità e cioè delle probabilità che le singole unità siano fuori servizio per guasti nonché sulla forma reale assunta dai diagrammi di carico.

L'inserimento di nuove unità viene poi commisurato al mantenimento di un adeguato livello di sicurezza.

Nei paragrafi successivi indicheremo i criteri essenziali attraverso i quali avviene la determinazione dello sviluppo di un sistema con il metodo probabilistico.

PROBABILITÀ DI DISSERVIZIO

Elemento essenziale per lo sviluppo del calcolo è la conoscenza delle *probabilità di disservizio*.

Allo scopo di definire tali probabilità occorre anzitutto individuare i periodi caratteristici di funzionamento di un complesso.

Indicheremo con:

tempo di richiesta t_r : il periodo di tempo in cui si richiede che l'unità sia in servizio;

tempo di servizio t_s : il periodo di tempo in cui l'unità è realmente in servizio;

(*) Prof. ing. GIANDOMENICO BROSSA, dell'Azienda Elettrica Municipale di Torino.

tempo di fuori servizio per guasti t_g : il periodo di tempo in cui l'unità, richiesta di essere in servizio, è rimasta inattiva per guasti;

tempo di fuori servizio programmato t_f : il periodo di tempo in cui non si richiede che l'unità sia in servizio od in manutenzione;

tempo di manutenzione t_m : il periodo di tempo programmato per la manutenzione;

tempo totale T : il periodo di tempo totale considerato e precisamente il tempo di richiesta più quello di fuori servizio programmato e di manutenzione:

$$T = t_r + t_f + t_m.$$

Da quanto sopra si deduce che il tempo di richiesta t_r è uguale al tempo di servizio t_s più il tempo di fuori servizio per guasti t_g , e perciò si ha anche:

$$T = t_s + t_g + t_f + t_m.$$

Si intende come *probabilità di disservizio forzato*, nel periodo di tempo totale T , il valore:

$$q = \frac{t_g}{t_r} = \frac{t_g}{t_s + t_g}.$$

Si dirà *probabilità di servizio* il valore:

$$p = \frac{t_s}{t_r} = \frac{t_s}{t_s + t_g};$$

essendo in ogni caso:

$$p + q = 1.$$

I termini p e q esprimono le *probabilità* che l'elemento considerato sia rispettivamente in servizio o fuori servizio forzato e possono essere ricavati estendendo le osservazioni per un certo periodo di tempo.

Se il tempo di osservazione è sufficientemente lungo i loro valori medi nel tempo sono pressoché costanti.

Un diagramma tracciato come in fig. 1 rappresenta i valori delle probabilità di disservizio per ogni anno (linea continua A) ed i valori medi progressivi (linea trattegg-

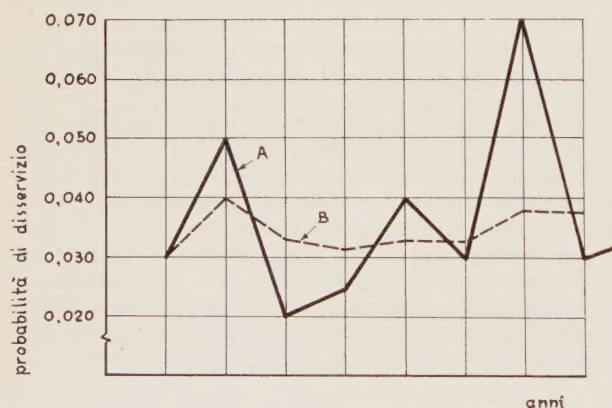


Fig. 1. — Probabilità di disservizio - Valori annui (A) e medi (B)

giata B); in esso si può osservare che le fluttuazioni del valore di q tendono a diminuire nel tempo.

Non disponendo di registrazioni estese ad un numero notevole di anni e desiderando valori sufficientemente attendibili è possibile basarsi sul comportamento di sistemi analoghi a quello considerato.

Per una analisi più accurata le probabilità di disservizio forzato di ogni unità possono venire ottenute determinando le probabilità di disservizio forzato dei vari elementi componenti.

Per gruppi termici, note ad esempio le probabilità di disservizio q_c della caldaia, q_t della turbina e q_a dell'alternatore, è possibile ricavare i valori corrispondenti per l'intera unità, cioè la probabilità che tutti gli elementi siano contemporaneamente fuori servizio, applicando il principio delle *probabilità composte* o della *moltiplicazione*, tenuto conto che gli eventi sono fra loro compatibili.

La probabilità di disservizio forzato complessiva risulterà:

$$q = q_c q_t q_a.$$

Corrispondentemente, la probabilità che tutti gli elementi funzionino simultaneamente è data dal prodotto dei rispettivi fattori di servizio:

$$P = p_c p_t p_a.$$

PROBABILITÀ DI DISSERVIZIO COMPOSTE

Conoscendo le probabilità di disservizio delle singole unità è possibile determinare le *probabilità di disservizio composte* cioè le probabilità che siano fuori servizio 1, 2, ... n, delle n unità del sistema.

Per k unità in servizio e $(n-k)$ fuori servizio, e nell'ipotesi che p e q siano uguali per tutti i gruppi, tale probabilità risulta dal principio delle probabilità composte:

$$p^k q^{n-k},$$

essendo k le unità in servizio, per cui vale il fattore p , e $(n-k)$ le unità fuori servizio, per cui vale il fattore q .

Le combinazioni di macchine per cui si applica tale valore di probabilità sono $\binom{n}{k}$ e ad ognuna di esse corrisponde un determinato valore di potenza fuori servizio.

Sia il valore delle probabilità composte che il numero delle loro combinazioni appare, come noto, dallo schema di Bernoulli, nello sviluppo del binomio:

$$(p + q)^n = \binom{n}{0} p^n + \binom{n}{1} p^{n-1} q + \dots \\ \dots + \binom{n}{n-1} p q^{n-1} + \binom{n}{n} q^n;$$

il cui termine generale è appunto:

$$\binom{n}{k} p^k q^{n-k}.$$

Ciò risulta di facile intuizione nel caso di un sistema di due sole unità, per cui il binomio si riduce alla forma:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2 p q + q^2,$$

dove p^2 rappresenta la probabilità di avere tutte e due le unità in servizio, pq la probabilità di avere una macchina in servizio ed una fuori servizio (in questo caso vale il coefficiente 2 essendo due le possibili combinazioni di macchine) ed infine q^2 il caso in cui tutte e due le unità siano fuori servizio.

Nel caso in cui le singole unità avessero differenti probabilità di servizio e di disservizio, lo sviluppo del binomio si trasformerebbe nello sviluppo del prodotto dei fattori binomiali:

$$(p_1 + q_1)(p_2 + q_2)(p_3 + q_3) \dots (p_k + q_k) \dots (p_n + q_n),$$

e nel caso di due unità al prodotto di:

$$(p_1 + q_1)(p_2 + q_2),$$

e cioè:

$$p_1 p_2 + p_1 q_2 + p_2 q_1 + q_1 q_2,$$

in cui $p_1 p_2$ e $q_1 q_2$ rappresentano rispettivamente la probabilità di avere tutte e due le unità in servizio o fuori servizio; $p_1 q_2$ e $p_2 q_1$ le probabilità di avere fuori servizio rispettivamente l'unità 2 o l'unità 1.

PROBABILITÀ DI PERDITA DI POTENZA

Effettuato il calcolo delle probabilità di disservizio composte occorre conoscere per ogni potenza la corrispondente probabilità di disservizio e cioè la probabilità che ha il sistema di perdere un determinato valore di potenza. A tal fine occorre, per ogni valore di potenza fuori servizio, ricercare tutte le macchine o combinazioni di macchine che danno luogo a tale potenza e sommare le relative probabilità di disservizio.

Allo scopo di esaminare lo sviluppo del procedimento di calcolo ci riferiamo ad un sistema sufficientemente semplice, costituito da cinque complessi termici di 15, 20, 2 x 25 e 60 MW, connessi con una linea a doppia terna ad una sottostazione ricevitrice.

Per maggior semplificazione si è considerato che i gruppi siano permanentemente disponibili per la piena potenza nominale.

In pratica ciò non si verifica poichè non sempre i gruppi sono disponibili, essendo ad esempio in manutenzione, o lo sono per la piena potenza, come nel caso dei gruppi idroelettrici durante le magre invernali. In tal caso occorre verificare i calcoli per le reali condizioni del sistema.

Per il macchinario in manutenzione, quando la sua potenza è percentualmente costante rispetto a quella in servizio, se ne può tener conto maggiorando adeguatamente il diagramma di durata del carico che viene considerato, come si vedrà, nello sviluppo completo del calcolo.

Ecco il procedimento:

— Probabilità di disservizio forzato delle singole unità

La probabilità di disservizio q , che viene normalmente considerata identica per tutti i gruppi, è stata assunta uguale a 0,02. Si avrà pertanto:

$$p = 0,98;$$

$$q = 0,02.$$

— Probabilità di disservizio composte:

Risultano dallo sviluppo del seguente binomio:

$$(0,98 + 0,02)^5;$$

e precisamente:

$$\begin{aligned} & \binom{5}{0} \cdot (0,98)^5 + \binom{5}{1} \cdot (0,98)^4 (0,02) + \binom{5}{2} \cdot \\ & \cdot (0,98)^3 (0,02)^2 + \binom{5}{3} \cdot (0,98)^2 (0,02)^3 + \\ & + \binom{5}{4} \cdot (0,98) (0,02)^4 + \binom{5}{5} \cdot (0,02)^5 = \\ & = 0,903920797 + 5 \cdot 0,018447363 + 10 \cdot 0,000376477 + \\ & + 10 \cdot 0,000007683 + 5 \cdot 0,000000157 + \\ & + 1 \cdot 0,000000003. \end{aligned}$$

Si avranno cioè 0,903920797 probabilità di avere tutti i gruppi in servizio, 0,018447363 di avere un solo gruppo fuori servizio, 0,000376477 di avere due gruppi fuori servizio e così via, 0,000000003 di avere tutti i gruppi fuori servizio.

— Probabilità di perdita di potenza

Occorre ora individuare le probabilità di perdita di determinati valori di potenza del sistema. Tali probabilità risultano, come si è detto, dalla somma delle probabilità relative a tutte le macchine o combinazioni di macchine che danno luogo a tale potenza.

Queste combinazioni appaiono nella tabella 1 ordinate in modo che ogni colonna contenga tutte le combinazioni la cui somma è indicata dal relativo coefficiente binomiale.

Le varie combinazioni sono inoltre ordinate nelle diverse righe in relazione alle potenze fuori servizio a cui danno origine.

Ad esempio il coefficiente binomiale $\binom{5}{2} = 10$ comprende 10 combinazioni di macchine prese a due a due e precisamente: una combinazione di una unità di 15 ed una di 20 MW e cioè $\binom{1}{1} \binom{1}{1}$ che dà luogo a 35 MW; due combinazioni che danno luogo a 40 MW dovute ad una delle due unità di 25 più una di 15 MW e perciò $\binom{2}{1} \binom{1}{1}$; una combinazione che dà luogo a 50 MW dovuta alle due unità di 25 MW contemporaneamente fuori servizio, cioè $\binom{2}{2}$ e così via.

Per la determinazione delle probabilità di perdita di potenza si dovranno considerare tutte le combinazioni presenti in ogni riga, moltiplicate per il termine relativo del binomio che compare al fondo di ogni colonna della tabella.

Si avrà così che:

— la probabilità di avere 0 MW fuori servizio forzato è data dalla condizione di avere nessuna unità fuori servizio e cioè: $\binom{1}{0} \binom{1}{0} \binom{2}{0} \binom{1}{0}$, moltiplicato per il primo termine del binomio che in questo caso è $(0,98)^5$ e quindi:

$$\begin{aligned} & \binom{1}{0} \binom{1}{0} \binom{2}{0} \binom{1}{0} \cdot (0,98)^5 = \binom{5}{0} \cdot (0,98)^5 = \\ & = 0,903920797; \end{aligned}$$

— la probabilità di avere 20 MW fuori servizio forzato risulta dalla unica eventualità di avere l'unità di 20 MW fuori servizio e cioè:

$$\binom{1}{1} \cdot (0,98)^4 (0,02) = 0,018447363;$$

— analogamente i soli modi per avere un disservizio forzato di 60 MW risultano dall'avere una macchina di 60 MW fuori servizio, e quindi:

$$\binom{1}{1} \cdot (0,98)^4 (0,02);$$

oppure avere fuori servizio, contemporaneamente, una unità di 15, una di 20 ed una delle due unità di 25 MW e cioè:

$$\binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{2}{1} \cdot (0,98)^2 (0,02)^3.$$

La probabilità di perdita di potenza di 60 MW risulta quindi dalla somma delle probabilità indicate e cioè:

$$\begin{aligned} & \binom{1}{1} \cdot (0,98)^4 (0,02) + \binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{2}{1} \cdot (0,98)^2 (0,02)^3 = \\ & = 0,018462729 \end{aligned}$$

Il calcolo può continuare in questo modo fino ad esaurire tutti i casi indicati nella tabella. Esso, in pratica, si può sospendere quando la probabilità di fuori servizio forzato di una determinata potenza diventa minore di un certo valore prefissato, di solito 0,000001.

La tabella 1 può essere rappresentata in forma più

TABELLA 1

Potenza fuori servizio forzato MW	COMBINAZIONI					
	(¹ ₀)	(¹ ₁)	(¹ ₂)	(¹ ₃)	(¹ ₄)	(¹ ₅)
	(¹ ₀)	(¹ ₁)	(¹ ₂)	(¹ ₃)	(¹ ₄)	(¹ ₅)
	(¹ ₀)	(¹ ₁)	(¹ ₂)	(¹ ₃)	(¹ ₄)	(¹ ₅)
0	(¹ ₀)	(¹ ₁)	(¹ ₂)	(¹ ₃)	(¹ ₄)	(¹ ₅)
15		(¹ ₁)				
20		(¹ ₁)				
25		(¹ ₁)				
35			(¹ ₁)	(¹ ₁)		
40			(¹ ₁)	(¹ ₁)		
45			(¹ ₁)	(¹ ₁)		
50			(¹ ₂)			
60		(¹ ₁)		(¹ ₁)	(¹ ₁)	
65				(¹ ₂)	(¹ ₁)	
70				(¹ ₂)	(¹ ₁)	
75			(¹ ₁)	(¹ ₁)		
80			(¹ ₁)	(¹ ₁)		
85			(¹ ₁)	(¹ ₂)	(¹ ₁)	(¹ ₁)
95				(¹ ₁)	(¹ ₁)	(¹ ₁)
100				(¹ ₁)	(¹ ₁)	(¹ ₁)
105				(¹ ₁)	(¹ ₁)	(¹ ₁)
110				(¹ ₁)	(¹ ₂)	
120					(¹ ₁)	(¹ ₁)
125					(¹ ₁)	(¹ ₂)
130					(¹ ₁)	(¹ ₂)
145						(¹ ₁)
Termini del binomio						
	(0,997) ⁶	(0,998) ⁵ (0,002) ¹	(0,998) ⁴ (0,002) ²	(0,998) ³ (0,002) ³	(0,998) ² (0,002) ⁴	(0,002) ⁵

semplice come in tabella 2. I risultati delle combinazioni relative al caso considerato sono indicati nella tabella 3.

Da essa risulta che la probabilità di avere 0 MW fuori servizio forzato, cioè tutto il macchinario in funzione, è del 90,39%; quella di avere fuori servizio forzato 15 MW, ovvero di avere in servizio 130 MW, è dell'1,84% e così via.

Ovviamente la somma di tutte le probabilità riferite alle varie potenze fuori servizio, è uguale all'unità.

Si osservi che le probabilità di perdita di potenza non diminuiscono uniformemente con l'aumentare della potenza fuori servizio, come potrebbe ritenersi a prima vista.

Per ogni potenza le probabilità di perdita sono infatti determinate in base al numero di macchine uguali corrispondenti a tale potenza e/o dal numero di combinazioni di macchine che danno luogo a tale potenza.

Mentre infatti la probabilità di fuori servizio di 20 MW è dell'1,84%, la probabilità di disservizio di 25 MW è del 3,68%; essendo infatti due le macchine di 25 MW nel sistema; per tale potenza il rischio risulta logicamente aumentato.

Supponendo che tali gruppi siano connessi ad un centro di utilizzazione mediante una linea a due terne, e riferendosi all'estremo ricevente, occorre tener conto anche delle probabilità di disservizio forzato della linea.

Ammettendo per questo un valore di 0,003, dallo sviluppo del binomio, si avrà:

$$(0,997 + 0,003)^2 = 0,994009 + 2 (0,002991) + 0,000009.$$

TABELLA 2

Potenza fuori servizio forzato MW	UNITÀ FUORI SERVIZIO			
	Potenza delle unità in MW			
	60	25	20	15
	Numero totale delle unità			
	1	2	1	1
0	0	0	0	0
15				1
20			1	
25		1		
35			1	1
40		1		1
45		1	1	
50		2		
60	1			
65		1	1	1
70		2		1
75	1			1
80	1		1	
85	1	1		
95		2	1	1
100	1	1		1
105	1	1	1	
110	1	2		
120	1	1	1	1
125	1	2		1
130	1	2	1	
145	1	2	1	1

I tre termini rappresentano rispettivamente la probabilità di nessuna linea fuori servizio, di una linea in servizio e di una fuori servizio ed infine di tutte e due le linee fuori servizio.

Supponendo che ogni linea sia in grado di trasmettere la piena potenza di 145 MW, la probabilità di poter disporre di energia alla sottostazione ricevatrice sarà:

$$0,994009 + 2 (0,002991) = 0,999991.$$

La tabella 3 risulterà modificata come in tabella 4.

I valori con asterisco sono ottenuti dalla tabella 3 moltiplicandoli per 0,999991 ed il valore 0,000009003 relativo alla probabilità della perdita totale di potenza (145 MW) dalla somma delle probabilità di perdita totale di potenza

TABELLA 3

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza			Potenza in servizio MW
0	$\binom{1}{0} \binom{1}{0} \binom{1}{0} \binom{1}{0}$	$\times (0,98)^4$	$= 0,903920797$	145
15	$\binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)$	$= 0,018447363$	130
20	$\binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)$	$= 0,018447363$	125
25	$\binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)$	$= 0,030894726$	120
35	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000376477$	110
40	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000752954$	105
45	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,1732954$	100
50	$\binom{1}{2}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000376477$	95
60	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$ $+ \binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2 +$ $\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,018447229$	85
65	$\binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000007683$	80
70	$\binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000007683$	75
75	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000376477$	70
80	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000376477$	65
85	$\binom{1}{1} \binom{1}{1}$ $+ \binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^2 (0,02)^2 +$ $\times (0,98)^2 (0,02)^2$	$= 0,000753111$	60
95	$\binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)^2$	$= 0,000007683$	50
100	$\binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)^2$	$= 0,000015366$	45
105	$\binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^3 (0,02)^2$	$= 0,000015366$	40
110	$\binom{1}{1} \binom{1}{2}$	$\times (0,98)^3 (0,02)^2$	$= 0,000007683$	35
120	$\binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^4 (0,02)^2$	$= 0,000000314$	25
125	$\binom{1}{1} \binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^4 (0,02)^2$	$= 0,000000157$	20
130	$\binom{1}{1} \binom{1}{2} \binom{1}{1}$	$\times (0,98)^4 (0,02)^2$	$= 0,000000157$	15
145	$\binom{1}{1} \binom{1}{2} \binom{1}{1} \binom{1}{1}$	$\times (0,02)^4$	$= 0,000000003$	0
			1,000000000	

(0,000000003) e della probabilità di indisponibilità totale delle linee (0,000009).
Si applica cioè, nel primo caso, il principio delle probabilità composte poichè gli eventi sono fra loro dipendenti e, nel secondo caso, quello delle probabilità totali, essendo gli eventi indipendenti.

TABELLA 4

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza	Potenza in servizio MW
0	0,903912662*	145
15	0,018447196*	130
20	0,018447196*	125
25	0,036894394*	120
35	0,000376474*	110
40	0,000752947*	105
45	0,000752947*	100
50	0,000376474*	95
60	0,018462563*	85
65	0,000007683*	80
70	0,000007683*	75
75	0,000376474*	70
80	0,000376474*	65
85	0,000753104*	60
95	0,000007683*	50
100	0,000015366*	45
105	0,000015366*	40
110	0,000007683*	35
120	0,000000314*	25
125	0,000000157*	20
130	0,000000157*	15
145	0,000000003	0
	1,000000000	

INDICI DI RISCHIO

La determinazione delle probabilità di perdita di potenza non basta di per sè ad esprimere l'entità delle possibili deficienze del sistema.
Soltanto nel caso di un carico continuo e costante la probabilità di perdita di potenza definirebbe la probabilità complessiva di non poter soddisfare il carico.
Negli altri casi occorre associare alle probabilità di perdita di potenza il diagramma del carico stesso.
Si usa, a tale scopo, il diagramma di durata del carico esteso ad un certo periodo: giorno, mese od anno.
Dal diagramma rappresentato in fig. 2 si noterà che, mentre la mancanza di una certa potenza W_0 non ha alcun effetto sul sistema, la mancanza delle potenze W_1 , W_2 , ecc. incide in misura sempre maggiore sulla efficienza del servizio.
La perdita di una certa potenza W ha cioè effetto sul servizio soltanto se essa incide sul carico e soltanto per il tempo in cui tale carico è richiesto; ad esempio, in fig. 2 per il tempo t_1 se il disservizio è di potenza W_1 .
Durante il tempo rimanente l'eventuale mancanza della potenza W_1 non ha alcun effetto sul servizio. Per-

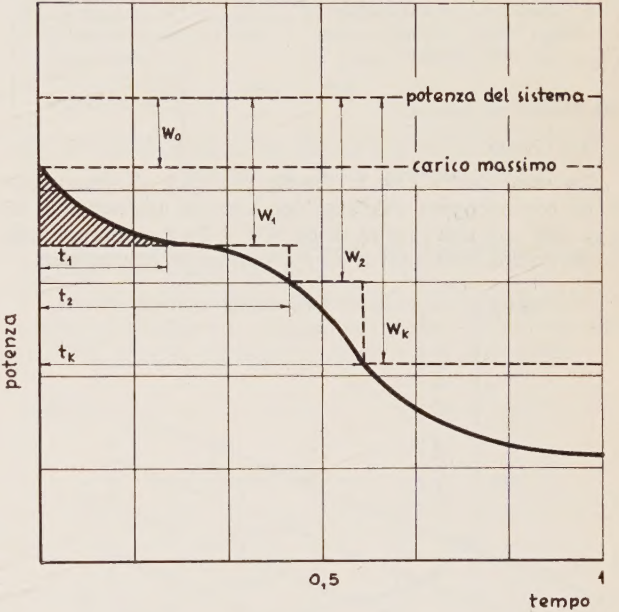


Fig. 2. — Diagramma di durata del carico.

tanto, per avere una misura reale dell'effetto del disservizio di potenza W_1 sul sistema, occorre associare alle probabilità di perdita della potenza W_1 il tempo in cui la mancanza di tale potenza può essere compromettente.
Il valore $F_k t_k$, ottenuto dal prodotto della probabilità di perdita di potenza W_k per il tempo t_k rappresenta il tempo in cui è probabile non poter soddisfare il carico superiore a tale potenza e cioè la durata probabile di disservizio. Per l'intero periodo il valore è dato dalla somma delle durate parziali alle varie potenze e cioè:
$$F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots + F_k t_k + \dots + F_n t_n$$

Naturalmente i tempi t , corrispondenti a potenze fuori servizio uguali od inferiori a W_0 , sono nulli ed i prodotti $F t$ relativi non danno alcun contributo alla determinazione del valore totale.
Riferendoci all'esempio numerico precedente ed al diagramma di durata di fig. 3, e cioè con un carico massimo di 85 MW, si ha la tabella 5.

TABELLA 5

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza	Durata del carico	Durata probabile di disservizio
0	0,903912662	—	—
15	0,018447196	—	—
20	0,018447196	—	—
25	0,036894394	—	—
35	0,000376474	—	—
40	0,000752947	—	—
45	0,000752947	—	—
50	0,000376474	—	—
60	0,018462563	—	—
65	0,000007683	0,06	0,000000461
70	0,000007683	0,13	0,000000999
75	0,000376474	0,26	0,000097883
80	0,000376474	0,45	0,000169413
85	0,000753104	0,53	0,000399145
95	0,000007683	0,64	0,000004917
100	0,000015366	0,68	0,000010449
105	0,000015366	0,71	0,000010910
110	0,000007683	0,75	0,000005762
120	0,000000314	1	0,000000314
125	0,000000157	1	0,000000157
130	0,000000157	1	0,000000157
145	0,000009003	1	0,000009003
			0,000709570

Da essa risulta che la *durata probabile di disservizio* è di 0,000709570; ciò significa che in un sistema di 145 MW con una riserva di 60 MW si ha una probabilità di perdere il carico per il 0,07% del tempo di esercizio.

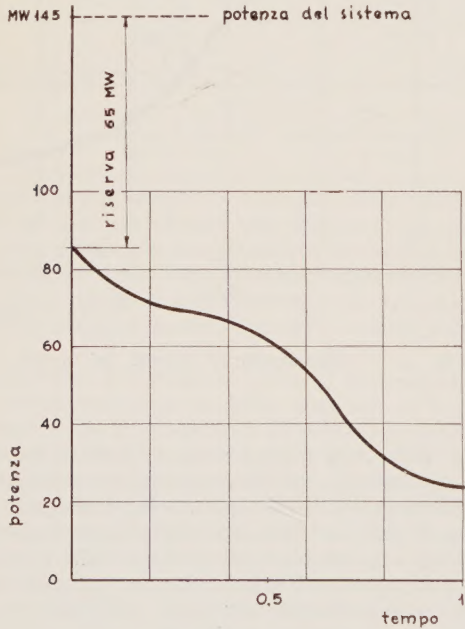


Fig. 3. — Diagramma di durata del carico.

Se il diagramma di durata è mensile, per un mese di 600 ore pari a 25 giorni lavorativi, il rischio di perdita del carico sarà:

$$0,000709570 \times 600 \text{ ore} = 0,426 \text{ ore/mese} = 0,017 \text{ giorni/mese.}$$

Se il diagramma è annuale:
$$0,000709570 \times 300 \text{ giorni} = 0,213 \text{ giorni/anno,}$$

per un anno di 300 giorni lavorativi.

Ciò significa che la durata probabile di disservizio è di circa 0,2 giorni per anno. Tale valore può essere assunto come *indice di rischio*.

Normalmente un sistema viene considerato sicuro quando la durata probabile di disservizio è di qualche giorno ogni 10 anni; negli Stati Uniti si considera tale probabilità nei limiti di 1-3 giorni ogni 10 anni. In sistemi meno interconnessi dovranno necessariamente accettarsi valori superiori.

In alcuni casi i calcoli possono essere semplificati usando diagrammi di durata del carico lineari.

L'approssimazione introdotta deve venire giudicata caso per caso in relazione alla esattezza richiesta.

Un altro modo di rappresentare il rischio di non poter soddisfare l'esercizio è quello di esprimere, invece che la durata probabile di disservizio, la *perdita probabile di energia* cioè i kWh che non potrebbero essere erogati in caso di guasti.

La fig. 2 indica, in tratteggio, i kWh perduti nel caso di un disservizio di potenza W_1 .

La perdita probabile di energia risulta dal prodotto degli stessi kWh per la probabilità di perdita di potenza relativa alla potenza W_1 .

La perdita probabile totale per tutto il periodo considerato, costituito da un mese lavorativo di 600 ore, risulterà, come indicato precedentemente, dalla somma delle perdite probabili parziali alle varie potenze (tabella 6).

TABELLA 6

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza	Energia kWh	Perdita probabile di energia kWh
0	0,903912662	—	—
15	0,018447196	—	—
20	0,018447196	—	—
25	0,036894394	—	—
35	0,000376474	—	—
40	0,000752947	—	—
45	0,000752947	—	—
50	0,000376474	—	—
60	0,018462563	—	—
65	0,000007683	112 000	0,860
70	0,000007683	375 000	2,881
75	0,000376474	900 000	338,827
80	0,000376474	1 950 000	734,124
85	0,000753104	3 450 000	2 598,209
95	0,000007683	7 050 000	54,165
100	0,000015366	9 000 000	138,294
105	0,000015366	11 100 000	170,563
110	0,000007683	13 350 000	102,568
120	0,000000314	18 300 000	5,746
125	0,000000157	21 300 000	3,344
130	0,000000157	24 300 000	3,815
145	0,000009003	33 300 000	299,800
			4 453,196

Da essa risulta che i kWh che possono essere perduti a causa di guasti sono 4.453 e cioè lo 0,0134% dell'energia totale da erogare.

La perdita probabile di energia rappresenta anch'essa un *indice di rischio* del sistema.

Considerare l'uno piuttosto che l'altro dei due indici, può fornire elementi diversi di giudizio come risulterà dal paragrafo seguente.

Nel calcolo ora effettuato il sistema era sufficientemente semplice e la potenza delle macchine si è ritenuta costantemente disponibile durante l'anno.

In caso contrario occorre verificare la sicurezza del sistema per il periodo in cui esso è in grado di fornire la minor potenza.

Ciò deve essere fatto tutte le volte che si considera macchinario idraulico.

Per far questo occorre trasformare il *sistema effettivo* in un *sistema reale* in cui le varie macchine compaiono per la minima potenza disponibile nel periodo considerato, ad esempio durante le magre invernali.

Nel caso che le macchine fossero numerose e con potenze molto dissimili fra loro, per effettuare più facilmente il calcolo, occorre trasformare il sistema reale in un *sistema equivalente* in cui le macchine compaiono come multiple di una stessa unità base di potenza inferiore.

L'applicazione pratica di questo criterio sarà effettuata nel paragrafo relativo alla determinazione dello sviluppo dei sistemi elettrici.

ANALISI DEGLI INDICI DI RISCHIO DI UN SISTEMA

I due indici di rischio di un sistema: la *durata probabile di disservizio* e la *perdita probabile di energia* possono essere rappresentati graficamente da curve che ne indicano l'andamento al variare del diagramma di carico o della potenza installata.

A titolo indicativo riportiamo alcuni commenti a tre casi caratteristici e cioè:

- 1) sistema a potenza crescente con diagramma di carico costante,
- 2) sistema a potenza costante e carico crescente con forma del diagramma costante
- 3) sistema a potenza costante con diagramma di carico ad area costante e forma variabile.

1) Sistema a potenza crescente con diagramma di carico costante

Si è considerato un sistema avente una potenza di 400 MW costituito da 3 macchine di 50 MW, 1 di 100 ed 1 di 150; successivamente incrementato con macchine di 50 MW fino alla potenza di 600 MW.

Il diagramma di carico è stato considerato, per semplicità, lineare e corrispondente a quello del diagramma di fig. 4; l'area di tale diagramma, e cioè l'energia da erogare, è di 180 GWh.

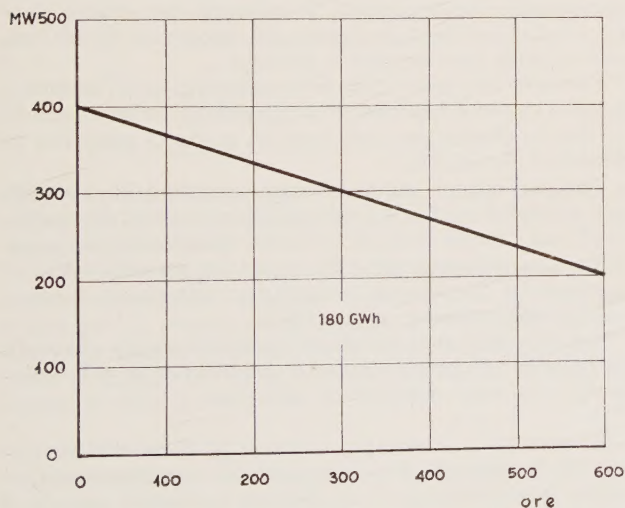


Fig. 4. — Diagramma lineare di durata del carico.

I valori degli indici di rischio sono rappresentati nel diagramma di fig. 5.

L'asse delle ascisse è stato graduato sia in potenza del sistema sia in MW di riserva che, con l'aumentare della potenza, si rendono disponibili.

2) Sistema a potenza costante e carico crescente con forma del diagramma costante

È stato considerato un sistema di potenza 100 MW, costituito da una macchina di 15, una di 25 ed una di 60 MW.

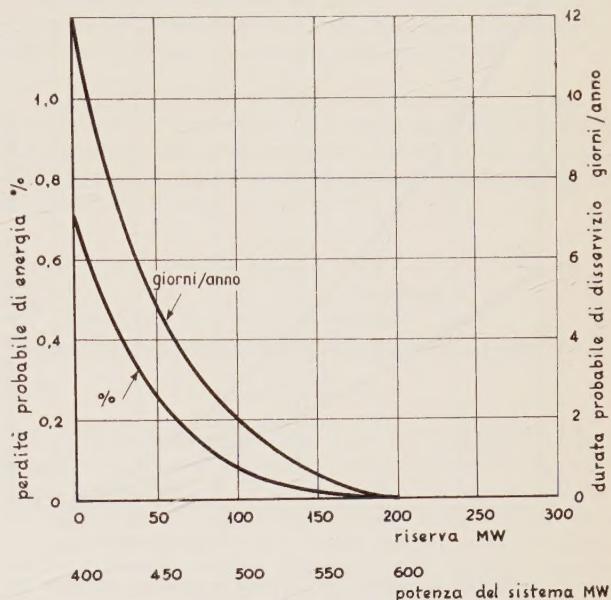


Fig. 5. — Indici di rischio per sistema a potenza crescente con diagramma di carico costante.

I diagrammi di carico, lineari per necessaria semplificazione, sono quelli di fig. 6.

Calcolando per i vari diagrammi di carico gli indici di rischio si ottengono i diagrammi di fig. 7 anch'essi riferiti alla potenza di riserva che si rende disponibile.

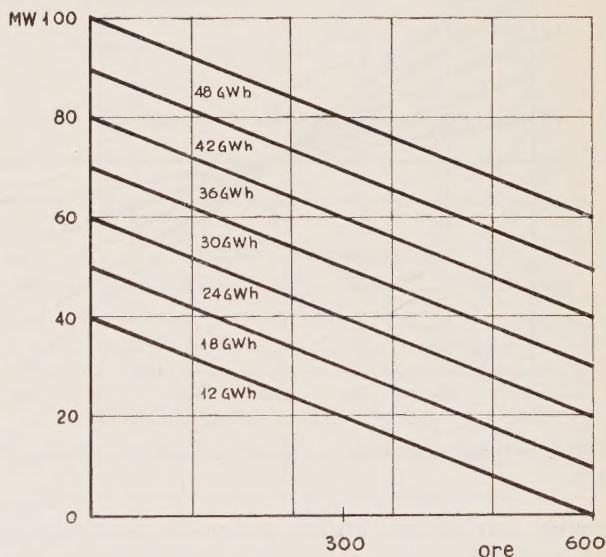


Fig. 6. — Diagrammi lineari di durata del carico.

3) sistema a potenza costante con diagramma di carico ad area costante e forma variabile.

I diagrammi di carico sono quelli di fig. 8, ognuno dei quali mantiene costante l'area e modifica la forma. Anche in questo caso l'andamento dei diagrammi del carico è lineare e la loro variazione ottenuta facendo ruotare la retta attorno ad un punto posto a 50 MW.

L'andamento degli indici di rischio è indicato in fig. 9. Come considerazione generale sui diagrammi indicati si può affermare che quelli delle *perdite probabili di energia*

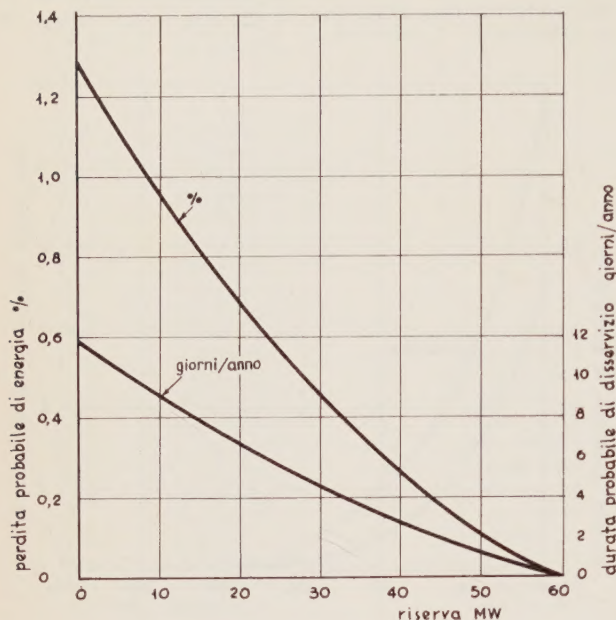


Fig. 7. — Indici di rischio per sistema a potenza costante con diagrammi di carico crescenti.

hanno un andamento caratteristico costantemente decrescente in forma parabolica col crescere della potenza disponibile per riserva.

Viceversa i diagrammi delle *durate probabili di dis-*

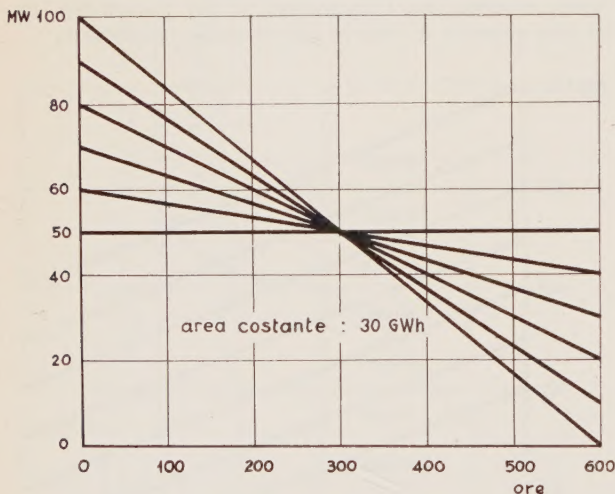


Fig. 8. — Diagrammi lineari di durata del carico ad area costante.

servizio, presentano talvolta andamenti meno regolari come in fig. 9.

In questo caso infatti, mentre la perdita probabile di energia continua a decrescere, i valori delle durate probabili di disservizio in giorni/anno dopo una prima fase di diminuzione, aumentano rapidamente.

La apparente contraddizione è facilmente spiegabile se si tiene conto che in un caso sono considerati i kWh perduti e nell'altro le durate probabili di interruzione dell'erogazione e pertanto con un diagramma di carico più appiattito diminuisce il rischio di perdere kWh, ma aumenta la probabilità che i disservizi incidano per un tempo maggiore sul diagramma di carico.

Si verifica cioè la probabilità che i disservizi abbiano maggior durata sebbene l'energia perduta, durante i medesimi risulti sempre più trascurabile.

Si noterà comunque che quando la forma dei diagrammi di carico non subisce notevoli variazioni i due fattori di confronto hanno pressoché un identico andamento. Soltanto nel caso che l'andamento dei diagrammi di durata sia fortemente variabile negli anni, ad un andamento decrescente della perdita probabile di energia corrisponde un andamento irregolare delle durate probabili di disservizio.

Nello sviluppo ulteriore dei calcoli si è adottata, come indice di rischio, la *durata probabile di disservizio*, essendo nei sistemi elettrici costante preoccupazione limitare i periodi di interruzione a prescindere dalle loro conseguenze economiche connesse con la perdita di energia.

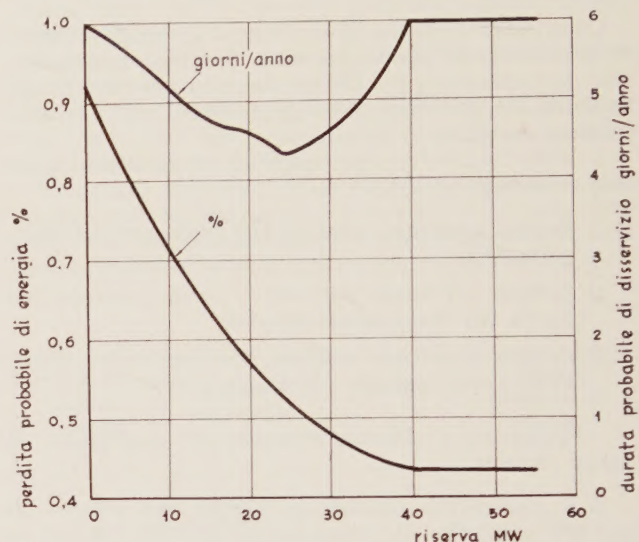


Fig. 9. — Indici di rischio per sistema a potenza costante e diagramma di carico ad area costante e forma variabile.

DETERMINAZIONE DELLO SVILUPPO DEI SISTEMI ELETTRICI

L'utilizzazione del metodo probabilistico consente di determinare razionalmente lo sviluppo dei sistemi elettrici individuando il momento più opportuno in cui una nuova unità deve entrare in servizio.

Si tratta cioè di individuare il momento in cui un determinato sistema deve essere incrementato, ovvero quando la riserva disponibile non è più in grado di garantire la sicurezza desiderata.

Per far questo occorre fissare alcune delle variabili del problema e cioè ad esempio l'andamento del carico negli anni futuri nonché il rischio accettabile per poter determinare il momento più opportuno per effettuare un incremento di potenza e studiare conseguentemente i valori della potenza da installare.

La presente applicazione ad un sistema reale consente di individuare praticamente il procedimento e le soluzioni a cui esso consente di pervenire.

Si consideri, ad esempio, lo sviluppo di un sistema misto di produzione idro-termoelettrico con incrementi di unità termoelettriche e si desideri conoscere quale è il momento più opportuno per inserire nuove unità.

Il piano di sviluppo, la cui durata è prevista in 20 anni per ottenere elementi di giudizio maggiormente attendibili, è stato studiato in due alternative: la prima (soluzione 1) con l'installazione di un primo gruppo di 60 MW e successivi quattro gruppi di 125; la seconda (soluzione 2) con l'installazione di quattro unità uguali di 125 MW.

Il confronto delle due soluzioni consentirà di scegliere lo sviluppo del sistema maggiormente economico.

Il sistema considerato all'inizio del programma risulta costituito di 29 gruppi, come indicato in tabella 7, della potenza complessiva di 310 MW, di cui 270 idroelettrici e 40 termoelettrici.

Si è successivamente effettuato lo studio considerando i gruppi idroelettrici nelle condizioni di funzionamento più sfavorevoli, cioè verificando il sistema per i periodi in cui il macchinario fornisce minor potenza e cioè tenendo conto della potenza dei gruppi disponibili durante le magre invernali.

Si è considerato pertanto, invece del sistema effettivo, il sistema reale, in cui sono sostituite alle potenze nominali delle macchine, le potenze disponibili durante le magre invernali (2ª colonna, tabella 7).

La potenza totale del sistema risulta in tali periodi di 250 MW.

Negli anni successivi il sistema è stato incrementato con le unità di cui si è detto e con le potenze rese disponibili, sulle macchine idrauliche esistenti, per effetto del completamento di opere idrauliche connesse. Ciò si verifica alla fine del 3° e del 4° anno in entrambe le soluzioni.

L'incremento del fabbisogno di energia e di potenza è

TABELLA 7

Sistema effettivo		Sistema reale		Sistema equivalente	
N° unità	Potenza MW	N° unità	Potenza MW	N° unità	Potenza MW
2	35	2	35	3	35
1	40	1	34		
2	20	2	16	2	15
4	13,5	4	11		
1	10	1	10	7	10
4	8	4	7		
1	5	1	5	9	5
1	7	1	4		
1	6,5	1	3,5		
2	4	2	2,5		
2	5,5	2	2		
1	4	1	2		
3	4	3	1,3		
2	2,8	2	1,3		
2	2,4	2	1		
Numero totale delle unità					
29		29		21	
Potenza totale in MW					
310		250		250	

considerato del 6% annuo; pertanto, dopo 20 anni, il fabbisogno di energia risulta di 3.500 GWh e quello della potenza di 700 MW.

Ai fini dello studio, che è quello di individuare in quale anno è necessario installare nuove unità in base ai fabbisogni di potenza e di energia, è stata assunta una durata probabile di disservizio di 3 giorni ogni 10 anni.

Lo sviluppo dei calcoli è stato effettuato secondo il seguente schema:

Sistema effettivo

Quello indicato nella colonna 1 della tabella 7: potenza 310 MW.

Sistema reale

Il sistema composto di macchine la cui potenza è quella disponibile durante le magre invernali, indicato in colonna 2, tabella 7; potenza 250 MW.

Sistema equivalente

Quello indicato in colonna 3, tabella 7, ottenuto trasformando il sistema reale in un sistema nel quale tutte

le potenze delle macchine sono uguali o multiple di un valore base.

Il valore scelto è 5 MW e pertanto la semplificazione del sistema ha portato alla riduzione del numero delle macchine ed all'uniformazione delle potenze con multiplo di 5, con notevole riduzione del lavoro di calcolo.

La semplificazione non ha inciso sull'approssimazione dei risultati come si è verificato da un controllo effettuato sul sistema equivalente con base 3 MW.

Probabilità di disservizio

Il fattore di disservizio del sistema esistente è stato sperimentalmente accertato essere del 2,4%. Per lo studio dello sviluppo futuro è stato assunto prudenzialmente il valore del 3%; si ha pertanto:

$$q = 0,03;$$

$$p = 0,97.$$

Probabilità di perdita di potenza

Sono state ottenute dallo sviluppo del binomio:

$$(0,97 + 0,03)^{21}.$$

La determinazione pratica dello sviluppo del binomio, secondo lo schema indicato precedentemente, ha dato luogo alla tabella 8. Si è constatato che quando il numero delle macchine contemporaneamente fuori servizio era uguale o superiore a 6 (righe segnate con asterisco) la probabilità di perdita di potenza era talmente piccola che si poteva ritenere trascurabile. Pertanto i calcoli non sono stati effettuati per combinazioni di macchine superiori a 6.

I valori delle probabilità di perdita di potenza risultano pertanto come indicato in tabella 9.

Avendo trascurato le combinazioni superiori a 6 la somma delle probabilità non sarà più uguale all'unità, ma leggermente inferiore; nel nostro caso 0,999998.

Indice di rischio

Si è scelto come indice di rischio il valore della durata probabile di disservizio.

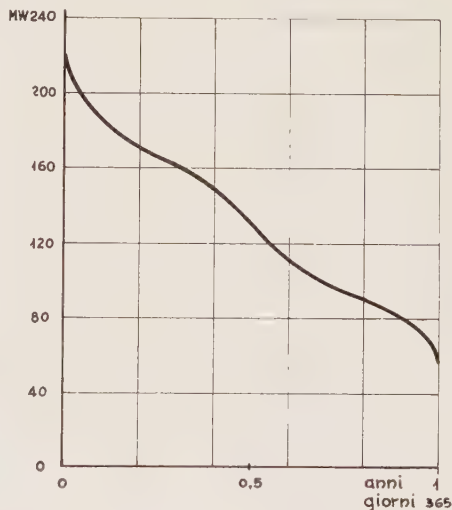


Fig. 10. — Diagramma di durata del carico.

Come noto, per la determinazione delle durate probabili di disservizio occorre associare alle probabilità di perdita di potenza i diagrammi di durata del carico.

In questo caso i diagrammi di durata sono stati ottenuti incrementando del 6% all'anno i valori del diagramma risultante da una analisi effettuata negli anni precedenti e che per l'anno di inizio ha la forma indicata nella fig. 10.

TABELLA 8

Potenza fuori servizio forzato	UNITÀ FUORI SERVIZIO			
	Potenza delle unità in MW			
	35	15	10	5
	Numero totale delle unità			
MW	3	2	7	9
0	0	0	0	0
5	1
10	1	..
	2
15	..	1
	1	1
	3
20	..	1	..	1
	2	..
	1	2
	4
....
40	1	1
	..	2	1	..
	..	2	..	2
	..	1	2	1
	..	1	1	3
	..	1	..	5
	4	..
	3	2
	2	4
*	1	6
*	8

TABELLA 9

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza	Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza
0	0,527480	65	0,000322
5	0,146824	70	0,001627
10	0,132360	75	0,000455
15	0,065724	80	0,000388
20	0,023671	85	0,000191
25	0,011422	90	0,000068
30	0,003476	95	0,000041
35	0,050163	100	0,000010
40	0,013986	105	0,000019
45	0,012376	110	0,000005
50	0,006124	115	0,000001
55	0,002202	120	0,000002
60	0,001061	125	0,000001
			0,999998

La durata probabile di disservizio, per l'anno di inizio del programma, nel caso che non vengano inserite nuove unità, risulta dalla tabella 10 in 0,774275 giorni/anno, arrotondabile a 0,78 giorni/anno, pari a 7,8 giorni ogni 10 anni.

OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

I valori delle durate probabili di disservizio per gli anni di sviluppo del programma sono indicati nella tabella 11

Il sistema è stato sviluppato nelle due soluzioni, incrementandolo di una unità ogni volta che l'indice di rischio saliva al di sopra di 0,3 giorni/anno, cioè di 3 giorni ogni 10 anni.

TABELLA 10

Potenza fuori servizio forzato MW	Probabilità di perdita di potenza	Durata del carico: giorni	Durata probabile di disservizio giorni/anno
0	0,527480	—	—
5	0,146824	—	—
10	0,132360	—	—
15	0,065724	—	—
20	0,023670	—	—
25	0,011422	0,625	0,007138
30	0,003476	2,291	0,007965
35	0,050163	4,166	0,209012
40	0,013986	6,875	0,096153
45	0,012376	9,791	0,121181
50	0,006124	13,541	0,082929
55	0,002202	18,750	0,041287
60	0,001061	26,458	0,028072
65	0,000322	36,666	0,011806
70	0,001627	48,333	0,078638
75	0,000455	61,666	0,028058
80	0,000388	76,666	0,029746
85	0,000191	95,416	0,018224
90	0,000068	116,666	0,007933
95	0,000041	134,375	0,005509
100	0,000010	146,875	0,000146
105	0,000019	156,875	0,000314
110	0,000005	165,000	0,000091
115	0,000001	170,833	0,000017
120	0,000002	177,708	0,000035
125	0,000001	185,416	0,000021
			0,774275

La potenza nominale delle nuove unità termiche, inserite per realizzare il predetto programma, è rispettivamente di 60 e 125 MW; tuttavia gli incrementi di potenza sono stati considerati di 65 e 130 MW e cioè leggermente maggiori per tenere conto, in parte, della potenza massima continua disponibile.

Si osserverà dalla tabella 11 che l'inserimento di una prima unità al termine del primo anno di esercizio consente di diminuire il rischio a 0,06 giorni/anno, cioè a 0,6 giorni ogni 10 anni contro 20 giorni ogni 10 anni che si avrebbero se tale unità non entrasse in servizio.

In tutti e due i casi risulta che l'entrata in servizio di qualsiasi unità provoca un immediato abbassamento dell'indice di rischio; ciò avviene nella soluzione 1 alla fine del 1° - 6° - 9° - 14° e 18° anno e nella soluzione 2 alla fine del 1° - 6° - 12° e 16° anno.

Analogo effetto si rileva nel 3° e 4° anno per incremento di potenza idraulica dei gruppi già installati, come precedentemente indicato.

Negli anni successivi all'entrata in servizio di una unità si nota che l'andamento degli indici di rischio espressi

TABELLA 11.

Anni	Soluzione 1			Soluzione 2		
	Potenza sistema equivalente MW	Durata probabile di disservizio giorni/anno	Nuova unità entrante in servizio MW	Potenza sistema equivalente MW	Durata probabile di disservizio giorni/anno	Nuova unità entrante in servizio MW
1	250	0,780	← 60	250	0,780	← 125
2	250 315	2,007 0,063		250 380	2,007 0,060	
3	315	0,187	△ 25 i.	380	0,172	△ 25 i.
4	340	0,074		405	0,069	
5	365	0,038	△ 25 i.	430	0,036	△ 25 i.
6	365	0,150	← 125	430	0,135	← 125
7	365 495	0,409 0,012		430 565	0,330 0,008	
8	495	0,034	← 125	565	0,018	← 125
9	495	0,089		565	0,031	
10	495 625	0,300 0,008	← 125	565	0,60	← 125
11	625	0,018		565	0,100	
12	625	0,036	← 125	565	0,179	← 125
13	625	0,073		565 695	0,468 0,020	
14	625	0,140	← 125	695	0,041	← 125
15	625 760	0,371 0,014		695	0,087	
16	760	0,031	← 125	695	0,166	← 125
17	760	0,073		695 830	0,402 0,015	
18	760	0,157	← 125	830	0,036	← 125
19	760 890	0,385 0,019		830	0,096	
20	890	0,052		830	0,224	

in durate probabili di disservizio è quello caratteristico di un sistema a potenza costante ed a carico crescente illustrato in fig. 7.

Sia dalla tabella 11 che dai diagrammi di fig. 11 e 12 appaiono chiaramente gli indici di rischio, contenuti nel limite fissato, nonchè il loro andamento nei vari anni di sviluppo del programma.

Verificate al riguardo della sicurezza le due soluzioni è possibile impostare un calcolo economico basato sui costi di impianto e di esercizio. Ciò consentirà di individuare quale delle due soluzioni risulta preferibile.

La ricerca di solito non comporta la effettuazione di un numero notevole di soluzioni poichè alcune caratteristiche dei macchinari o l'entità degli investimenti sono di regola precedentemente determinate.

A titolo informativo, nel caso in esame è risultato che secondo i costi di impianto e di esercizio attuali per gruppi termoelettrici di 60 e 125 MW la soluzione 2 è più conveniente.

Dalla elaborazione del caso illustrato risulta chiaramente quanto segue:

— il metodo probabilistico permette la utilizzazione di criteri oggettivi derivanti da indagini sui comportamenti dei sistemi elettrici per la valutazione del momento di immissione di nuove unità ed in generale del criterio della riserva,

— consente la valutazione quantitativa del rischio espresso in termini facilmente accessibili e confrontabili con quello esistente nel sistema all'inizio del programma,

— rende possibile la facile effettuazione di confronti di diverse soluzioni nella ricerca della soluzione più economica ed in particolare della potenza più adeguata da immettere nel sistema,

— permette di verificare agevolmente la incidenza economica, nello sviluppo di un sistema, della utilizzazione di macchinari aventi probabilità diverse di disservizio,

— consente di tener conto dei periodi di manutenzione del macchinario e di effettuarne all'occorrenza la migliore programmazione,

— riesce di facile e spedita effettuazione con la utilizzazione di complessi elettronici di calcolo che si rendono anzi indispensabili per lo studio di sistemi particolarmente complicati.

Tali complessi consentono di effettuare rapidamente numerose varianti relative alla inclusione di macchine di potenza diversa, fornendo una maggior mole di dati comparativi, e di ottenere un maggior affinamento dei risultati con la eliminazione di semplificazioni necessarie nei calcoli normali,

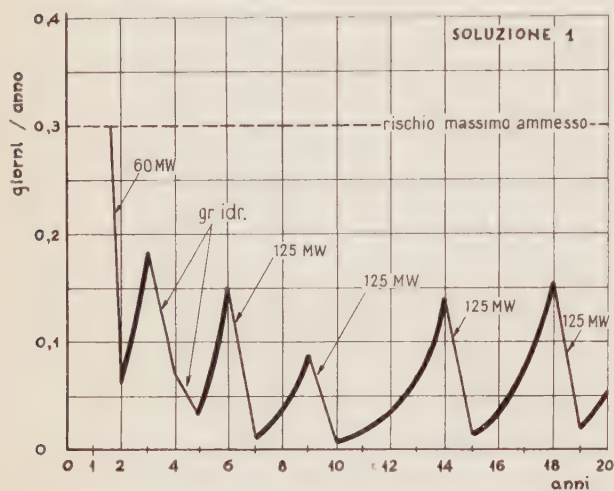


Fig. 11. — Diagramma degli indici di rischio espressi in durate probabili di disservizio (Soluzione 1).

— mette in luce infine la notevole utilità di un controllo statistico dei periodi di fuori servizio forzato del macchinario installato al fine di poterne dedurre i valori delle probabilità di disservizio per gli sviluppi futuri.

Controllo statistico che è auspicabile si attui sia sul piano dei singoli sistemi come sul piano nazionale in

analogia a quanto realizzato dall'A.I.E.E. con la pubblicazione dei rapporti sui disservizi del macchinario.

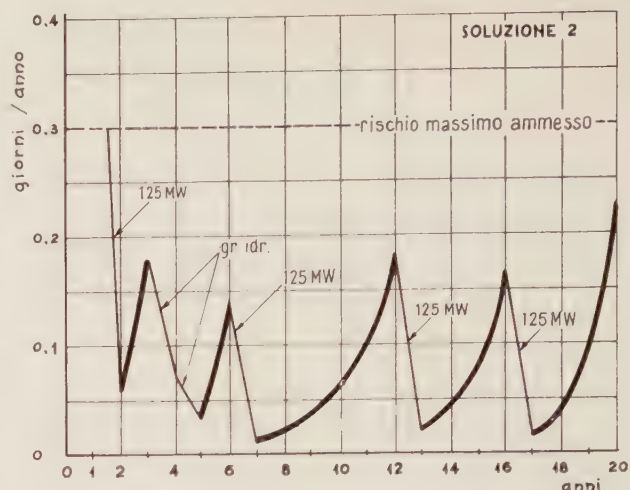


Fig. 12. — Diagramma degli indici di rischio espressi in durate probabili di disservizio. (Soluzione 2).

Manoscritto pervenuto l'8 novembre 1960.

BIBLIOGRAFIA

- G. CALABRESE: *Generating reserve capacity determined by the probability method.* - « A.I.E.E. Trans. », 1947, - Vol. 66, - pag. 1439.
W. J. LYMAN: *Calculating probability of generating capacity outages.* - « A.I.E.E. Trans. », 1947, - Vol. 66, - pag. 1471.
E. S. LOANE - C. W. WATCHORN: *Probability methods applied to generating capacity problems of a combined hydro and steam system.* - « A.I.E.E. Trans. », 1947, - Vol. 66, - pag. 1645.
C. W. WATCHORN: *Elements of system capacity requirements.* - « A.I.E.E. Trans. », 1951, - Vol. 70, - pag. 116.
B.G.A. SKROTZKI: *Condition controlling the economic selection of prime movers.* - « A.I.E.E. Trans. », 1944, - Vol. 63, - pag. 1099.
C. KIST - G. J. THOMAS: *Probability calculation for system generation reserves.* - « A.I.E.E. Trans. », 1958, - pag. 515.
H. HALPERIN - H. A. ADLER: *Determination of reserve - Generating capacity.* - « A.I.E.E. Trans. », 1958, - pag. 530.
E. I. ARNOFF - J. C. CHAMBERS: *Operations research determination of generation reserves.* - « A.I.E.E. Trans. », 1957, - pag. 316.
M. K. BRENNAN - C. D. GALLOWAY - I. K. KIRCHMAYER: *Digital computer aids economic probabilistic study of generation system.* - « A.I.E.E. Trans. », 1958, - pag. 564.

CRITERI SEGUITI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA, IN STRADE URBANE DI GRANDE TRAFFICO, REALIZZATI A ROMA IN OCCASIONE DELLA XVII OLIMPIADE

G. MARINI - S. ROSATI (*)

Nell'articolo vengono esposti i concetti fondamentali in base ai quali sono stati progettati gli impianti di illuminazione pubblica, eseguiti in Roma, in occasione della XVII Olimpiade.

Dopo aver illustrato le soluzioni adottate per i problemi più importanti, imposti dal particolare tipo dei circuiti di alimentazione e dalla adozione di nuove sorgenti luminose, vengono fornite le principali notizie sugli impianti.

L'attuale situazione del traffico, che congestiona le vie cittadine e le strade di rapido scorrimento colleganti i vari quartieri tra loro, ha imposto, anche in Roma, la revisione di alcuni dei vecchi concetti, ormai acquisiti, nel campo della pubblica illuminazione.

La creazione di arterie a traffico rapido, in occasione della XVII Olimpiade, ha accelerato tale revisione ed ha portato allo studio ed alla realizzazione di impianti particolari, rispondenti a nuove e più impegnative esigenze.

Infatti a tali vie di comunicazione era, ed è affidato, il compito di decongestionare il traffico cittadino, assicurandone uno svolgimento rapido, anche nelle ore notturne.

Mentre di giorno, la forma e la presenza degli oggetti, vengono puntualizzati attraverso un contrasto di luminanza dell'oggetto stesso con lo sfondo e dal contrasto dei colori, questo ultimo è, in gran parte, reso impossibile, di notte, a causa del basso livello di illuminazione, raggiungibile con gli impianti di illuminazione, in confronto a quello realizzato dalla luce solare.

La presenza e la forma degli ostacoli può, quindi, essere percepita solo attraverso un contrasto di luminanza, tra il fondo stradale e l'oggetto, la sagoma del quale può essere così chiaramente vista, solo se la sua luminanza risulta sufficientemente diversa dalla luminanza dello sfondo, su cui si proietta.

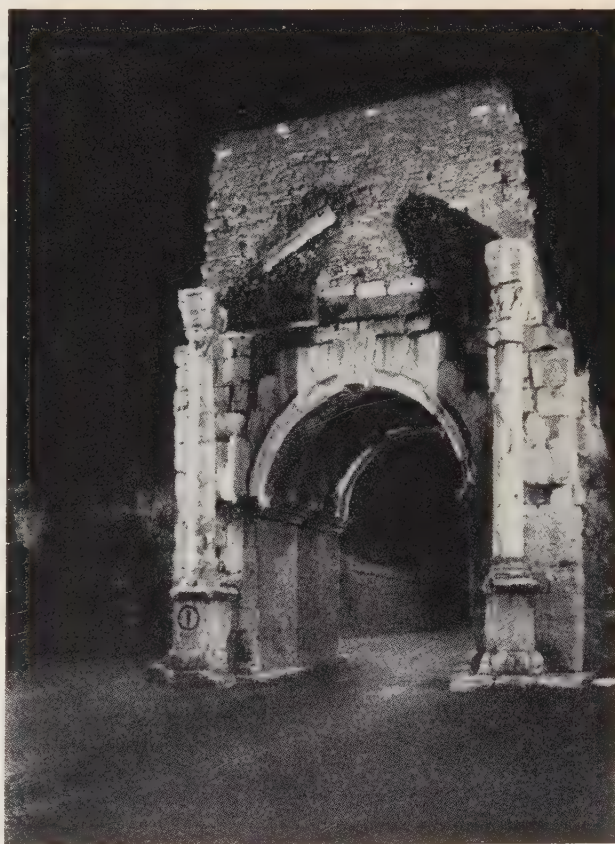
Pertanto, mentre il conducente di un autoveicolo, percorrendo una strada non illuminata o scarsamente illuminata, è costretto ad usare i fari, i quali rendono possibile la visione dell'ostacolo come sagoma più chiara su fondo oscuro, in una strada bene illuminata, lo stesso ostacolo appare come una sagoma oscura su fondo chiaro.

È naturalmente indispensabile, per non affaticare l'occhio, che il contrasto con lo sfondo sia elevato ed uniforme in tutto il campo visivo che interessa il guidatore, senza che, contemporaneamente, si determinino fenomeni di abbagliamento.

Mancando tali condizioni, insorge nel conducente un acuto senso di disagio, imposto dalla necessità di adattare automaticamente l'occhio alle brusche e continue

variazioni di luminanza. Inoltre tali variazioni possono determinare una riduzione, per intervalli più o meno lunghi, delle stesse capacità visive.

Condizioni di visibilità assai migliori si ottengono provvedendo alla illuminazione della strada con un impianto fisso, piuttosto che con fari solidali al mezzo in moto.



Via di S. Sebastiano ed Arco di Druso.

Naturalmente, provvedendo la strada di un impianto razionalmente studiato, possono essere eliminati sia gli inconvenienti già citati, sia, soprattutto, il pericoloso abbagliamento, dovuto ai fari dei veicoli che si incrociano.

La moderna tecnica della illuminazione permette di calcolare la interdistanza, l'altezza, la disposizione, la potenza ed il tipo di sorgente luminosa da adottare, in modo da realizzare le condizioni di guida più favorevoli.

Come accennato, un impianto ben fatto deve consen-

(*) Dr. ing. G. Marini - Dr. ing. S. Rosati della Azienda Comunale Elettricità ed Acque (ACEA) di Roma.

tire la percezione degli ostacoli ad una sufficiente distanza, determinata dalla velocità del mezzo, ed una visione uniforme e confortevole, priva di fenomeni di ab-

vie recentemente costruite in conseguenza della creazione di nuovi impianti sportivi, ma anche per le strade cittadine, per le quali, a cagione dell'aumentato traffico,



Porta Ardeatina.



Porta Maggiore.

bagliamento. Tali risultati dipendono soprattutto dalla luminosità non eccessiva delle sorgenti luminose e dalla loro accorta disposizione.

È stato naturalmente necessario, per la principale arteria olimpica, ottenere i migliori valori di uniformità e di livello luminoso, evitando al massimo le macchie luminose sul fondo stradale (fig. 1).

Infatti, nelle vie previste per un traffico intentissimo, quali quelle realizzate in Roma per il raccordo dei vari impianti sportivi tra loro, la possibilità di circolare in zone tanto bene illuminate, da ridurre le sorgenti luminose dei veicoli ai soli fanali di posizione, permette di diminuire i numerosi incidenti che avvengono durante le ore notturne.

A tale proposito è sufficiente rammentare che uno studio compiuto in Francia su due tronchi dell'Autostrada dell'Ovest, uno non illuminato, e l'altro munito di un efficiente impianto di illuminazione, ha permesso di valutare, nel tronco illuminato, una diminuzione degli incidenti nella misura compresa tra il 25 % ed il 35 %.

La accennata importanza del fattore illuminazione, nel campo della sicurezza del traffico, ha imposto la revisione dei vecchi criteri di illuminazione, non solo nelle



Fig. 1. — Via Olimpica

sono richiesti valori di illuminazione sempre più elevati, soprattutto per le strade di rapido collegamento dei vari quartieri tra loro e di rapido accesso alla città.

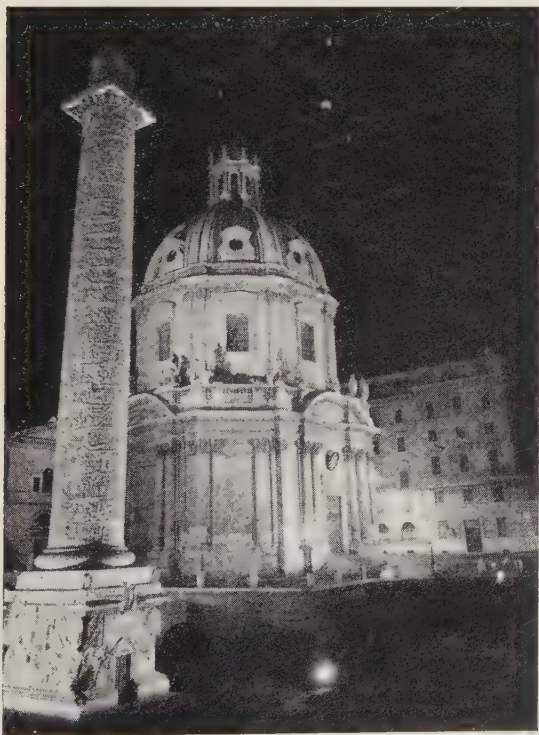
Una notevole diversità di concezione, nella realizzazione degli impianti, viene posta alla base dei progetti nei paesi dell'Europa Continentale ed in quelli anglosassoni.

A titolo sperimentale, ed allo scopo di effettuare un controllo dei due indirizzi, sono stati realizzati a Bruxelles due impianti, eseguiti secondo i diversi criteri, in due strade aventi identiche caratteristiche. Ciò allo scopo di



Arco di Giano.

Nell'indirizzo europeo la esigenza di limitare al minimo l'abbagliamento è considerata fondamentale e, pur di ottenere questo risultato, considerato importantissimo, vengono accettati livelli di illuminazione più bassi ed anche un certo grado di disuniformità.



Colonna di Traiano e Chiesa SS. Nome di Maria.

Nell'indirizzo anglosassone, vengono, invece, considerati fondamentali notevoli livelli di illuminazione e notevole uniformità: per la realizzazione di tali risultati è ammesso anche un certo grado di abbagliamento.

studiare i risultati ottenuti e paragonarne le caratteristiche illuminotecniche e le diverse impressioni degli utenti della strada.

Negli ultimi impianti realizzati a Roma è stato seguito il tradizionale indirizzo europeo, curando in modo particolare l'assenza dell'abbagliamento e la maggiore uniformità della illuminazione.

COSTITUZIONE DEGLI IMPIANTI.

Nelle zone dell'EUR (figure 2 e 3), del Foro Italico (fig. 4), del Villaggio Olimpico (fig. 5) e soprattutto nella



Fig. 2. — Parcheggio Palazzo dello Sport.

Via Olimpica (fig. 6) sono stati impiegati nuovi sistemi di illuminazione, realizzati con impianti di concezione assolutamente nuova.

Per la buona realizzazione di tali impianti, nella Via Olimpica, destinata ad un traffico eminentemente veloce, particolare cura è stata posta nella scelta dei sostegni, nella loro disposizione e nella scelta delle lanterne e delle sorgenti luminose.

Naturalmente, mentre per le strade della città vengono stabilite varie categorie e, per ciascuna di esse, sono fissati i valori illuminotecnici fondamentali (vedi

tabella), per le strade di grande traffico lo studio e la scelta dei valori deve essere effettuata caso per caso, pur tenendo presenti i valori riportati.

La scelta dei tipi di sostegno è stata evidentemente legata ai valori illuminotecnici desiderati (l'altezza e la distanza reciproca al valore della uniformità, la potenza



Fig. 3. — Parcheggio Palazzo dello Sport.

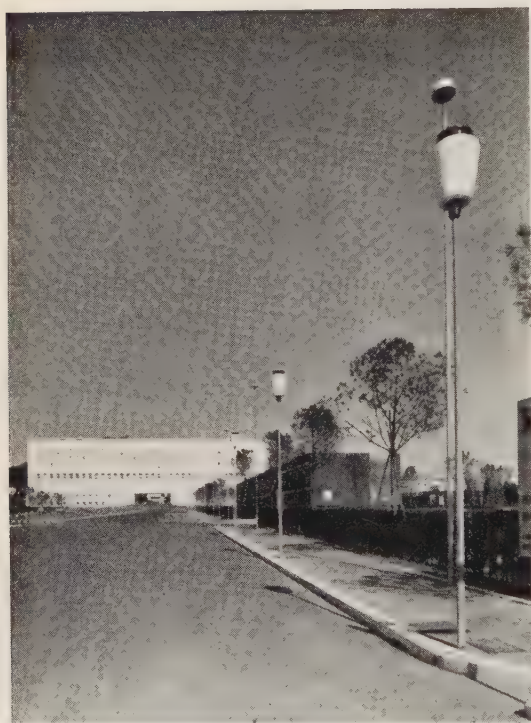


Fig. 4. — Viale di accesso al Ministero degli Esteri al Foro Italico.

Valori illuminotecnici fondamentali, stabiliti in Roma, per i quattro tipi di strade

Categorie	Illuminazione massima	Illuminazione minima	Coefficiente di disuniformità
1	40 lux	13	3
2	20 »	7	3
3	15 »	5	3
4	10 »	3	3



Fig. 5. — Villaggio Olimpico.

della lampada ed il tipo della lanterna al valore della illuminazione) ed al tipo di sezione stradale. Infatti nelle strade dotate di spartitraffico centrale sono stati previsti



Fig. 6. — Via Olimpica.

alti sostegni, muniti di mensola doppia (fig. 7), mentre nelle strade a partita carrabile unica sono stati previsti pali a mensola unica, disposti su un lato, o meglio, su ambedue i lati della strada (fig. 8).

In entrambi i casi è stata ritenuta necessaria una sufficiente lunghezza della mensola, in modo da portare la sorgente luminosa, il più possibile verso l'asse stradale.

Particolare cura, inoltre, è stata posta perchè le superfici diffondenti della lanterna non assumano una elevata luminanza, la quale potrebbe comportare fastidiosi

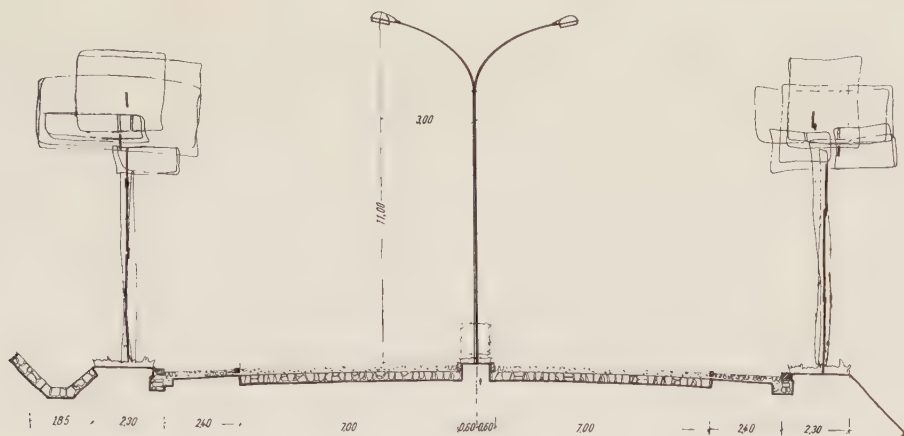


Fig. 7. — Sostegni per illuminazione di strade di grande traffico a doppia partita carrabile.



Ponte S. Angelo.

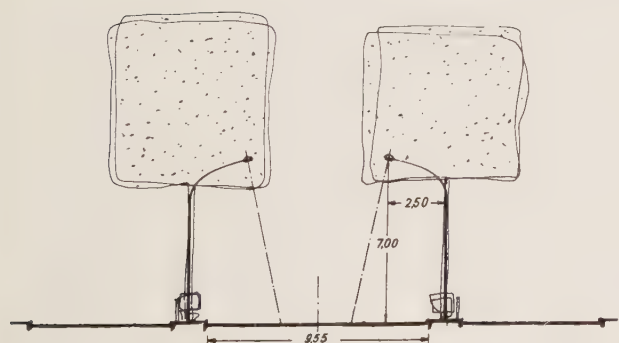


Fig. 8. — Sostegni per illuminazione di strade di grande traffico a semplice partita carrabile.

La disposizione di questa è stata inoltre prevista orizzontale o poco inclinata, in modo da assicurare una buona diffusione del flusso luminoso nelle direzioni volute. Risulta infatti evidente come sia desiderabile, lungo l'asse stradale, la più elevata uniformità di illuminazione.

fenomeni di abbagliamento e, per questo, è stato fissato, come valore massimo di luminanza, 0,3 stilb.

Naturalmente l'altezza dei sostegni, il tipo di lanterna, la posizione della lampada nella lanterna, la potenza ed il tipo di lampada, la posizione reciproca dei sostegni, debbono essere, per ogni tipo di impianto, accuratamente stabiliti; talvolta vengono anche realizzati impianti sperimentali, allo scopo di fissare su modello tutte le necessarie caratteristiche.

A titolo di esempio vengono riportati i risultati ricavati da un impianto sperimentale predisposto per lo studio del progetto di illuminazione della Via del Mare, che unisce Roma al Lido di Ostia. Le curve isolux, sperimentalmente tracciate, sono state utilissime per stabilire tutte le caratteristiche illuminotecniche dell'impianto (fig. 9 a, b, c, d).

Nella scelta del tipo di palo, realizzato in metallo, sono fondamentali i criteri di funzionalità e di estetica, i quali intervengono nella scelta della forma e della curvatura del sostegno e nella determinazione delle dimensioni alla base ed alle estremità.

L'orientamento attuale, per la città di Roma, è stato

fissato verso pali in acciaio trafilato di tipo conico, i quali consentono minime dimensioni trasversali, snelle curvature e notevoli aggetti (fig. 10).

un facile cambio del sostegno abbattuto o deteriorato. Per una razionale e rapida installazione dei sostegni e delle apparecchiature di alimentazione delle lampade,

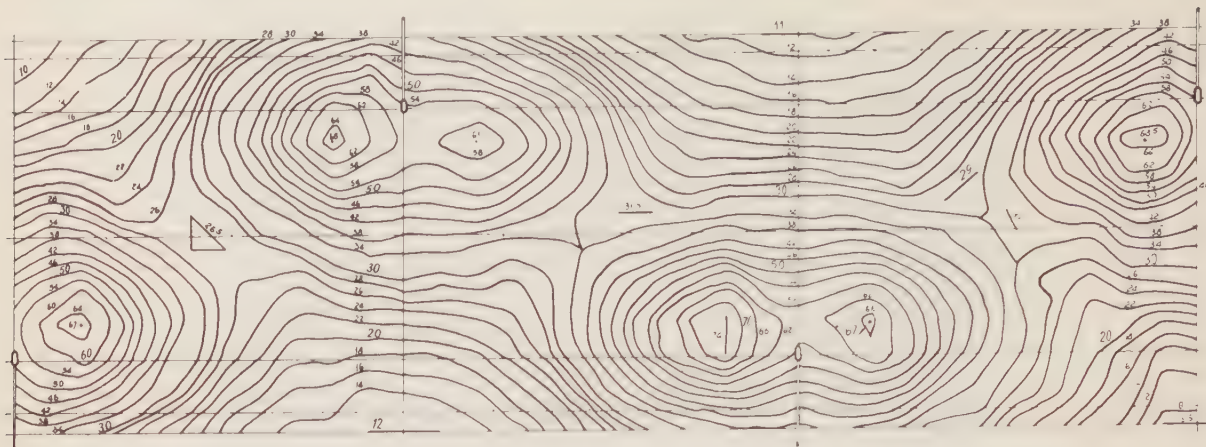


Fig. 9 a. — Curve di illuminazione ricavate per l'impianto della
Via del Mare.
Altezza centro luminoso 7 m - Potenza lampada 250 W
Distanza sostegni 11 m.

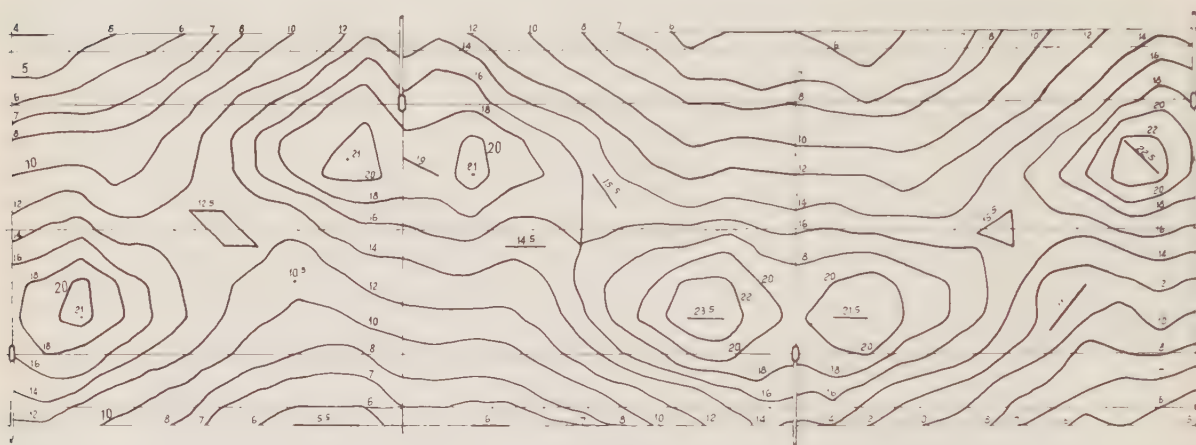


Fig. 9 b. — Curve di illuminazione ricavate per l'impianto della
Via del Mare.
Altezza centro luminoso 7 m - Potenza lampada 125 W
Distanza sostegni 11 m.

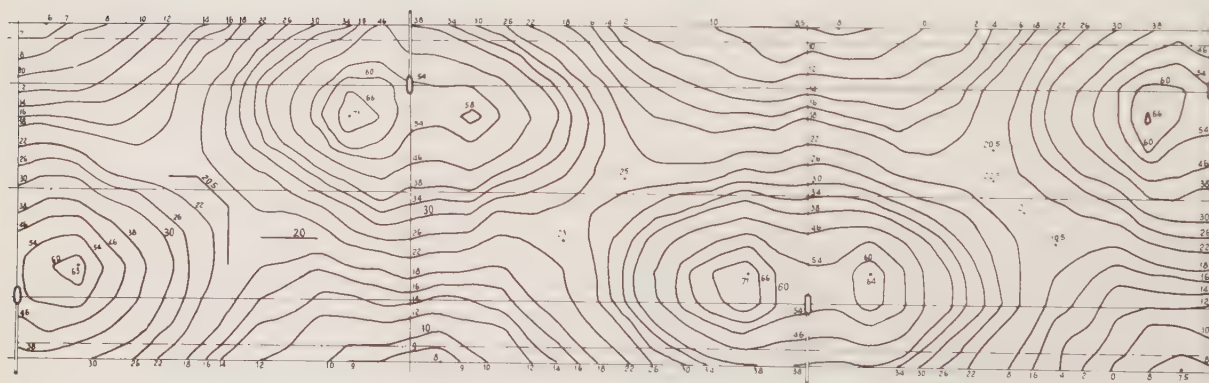


Fig. 9 c. — Curve di illuminazione ricavate per l'impianto della
Via del Mare.
Altezza centro luminoso 7 m - Potenza lampada 250 W
Distanza sostegni 13 m.

Inoltre la loro leggerezza permette un facile trasporto ed una facile installazione; predisponendo opportunamente il blocco di fondazione è possibile, poi, ottenere

soprattutto nel caso di alimentazione in serie, sono stati studiati particolari blocchi di fondazione ove, protetto da chiusino di ferro, trova posto il trasformatore, del

tipo in muffola, destinato alla alimentazione della lampada (fig. 11).

Nella scelta della lanterna hanno avuto importanza determinante non solo la linea estetica, a cui è legata la

mento delle apparecchiature elettriche necessarie alla stabilizzazione della corrente di lampada.

Tale necessità si è imposta sempre di più, man mano che è aumentata, negli impianti di illuminazione pub-

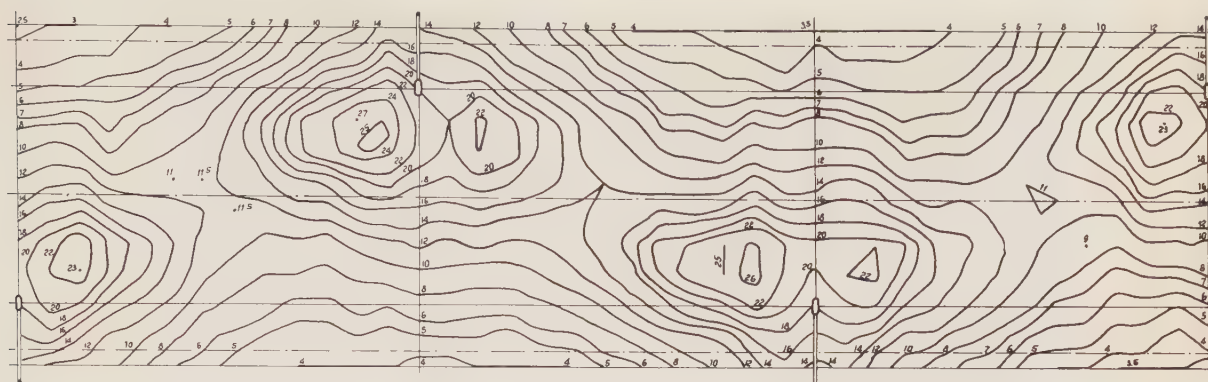


Fig. 9 d. — Curve di illuminazione ricavate per l'impianto della
Via del Mare.
Altezza centro luminoso 7 m - Potenza lampada 125 W
Distanza sostegni 13 m.

armonia del sostegno, ma, soprattutto, come logico, le caratteristiche fotometriche.

Infatti, la buona diffusione del flusso luminoso, a cui

blica di Roma, la diffusione delle lampade fluorescenti a bulbo le quali, come noto, sono sostanzialmente costituite da lampade a scarica nel vapore di mercurio, mantenuto ad una pressione variabile da 1 ad 8 atmosfere.

La scarica, come è noto, avviene in un piccolo tubo di quarzo posto all'interno della lampada; la trasformazione delle radiazioni ultraviolette, preponderanti nello spet-

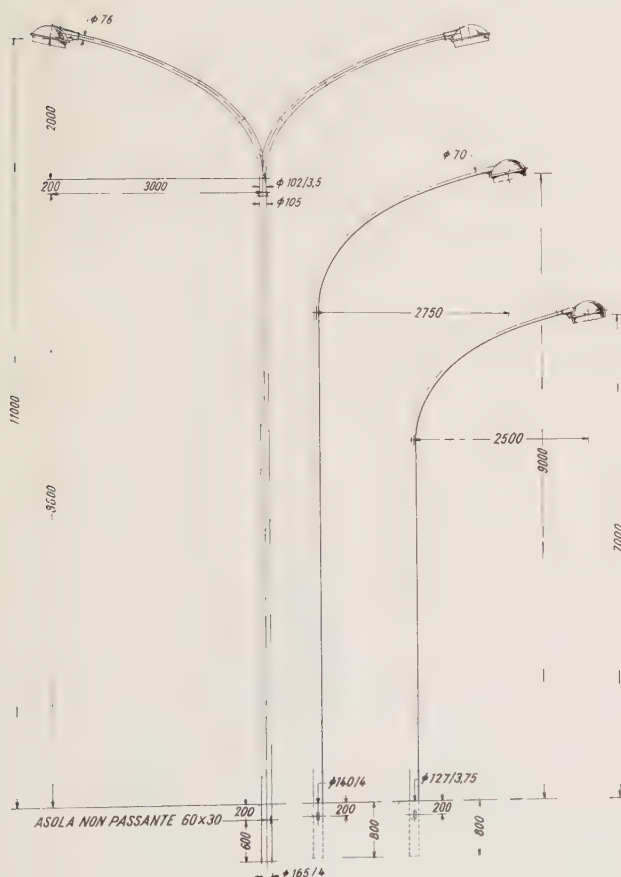


Fig. 10. — Sostegni in acciaio trafilato con altezza del centro luminoso di 7, 9, 11 m.

è legata la qualità dell'impianto, dipende dalle caratteristiche delle superfici riflettenti, dalla loro curvatura, e dalla loro disposizione rispetto alla sorgente luminosa.

Talvolta, nelle stesse lanterne, è previsto l'alloggia-

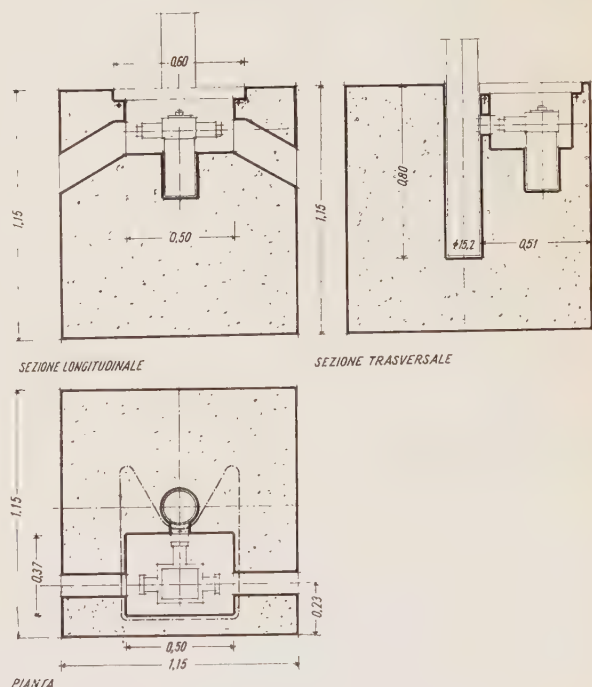


Fig. 11. — Blocco di fondazione con alloggiamento del trasformatore
muffola per alimentazione della lampada.

tro di emissione, in radiazioni a cui l'occhio umano è sensibile, avviene tramite la sostanza fluorescente di cui è rivestita la superficie interna del bulbo di vetro. Il profilo di questa è tale da assicurare, durante il funzionamento, una temperatura costante di $300 \div 350^\circ \text{C}$ a tutti i punti della sostanza, così da permettere la sua più efficace utilizzazione (fig. 12).

Nelle lampade a scarica di tale tipo, occorre un tempo

di circa 4 minuti perchè il vapore di mercurio raggiunga la pressione adatta ad un regolare fenomeno di emissione. Viene riportato a titolo di esempio, l'andamento della corrente e della tensione, agli estremi di una lampada

la instabilità del fenomeno di scarica, la inserzione di una opportuna apparecchiatura di stabilizzazione.

Risulta inoltre necessario, all'atto della accensione, fornire alla lampada una tensione sufficiente per l'innescò.



Fontana delle Tartarughe in piazza Mattei.

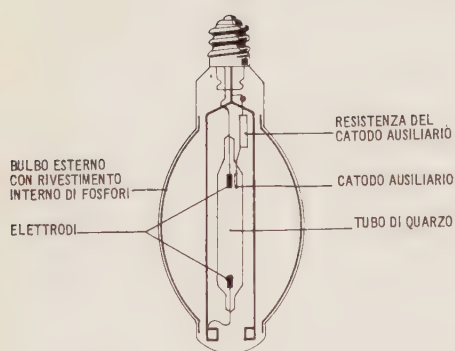


Fig. 12. — Costituzione di una lampada fluorescente a bulbo.

fluorescente a bulbo da 400 W, durante il periodo transitorio di accensione (fig. 13).

Avendo le lampade fluorescenti a bulbo, come tutte

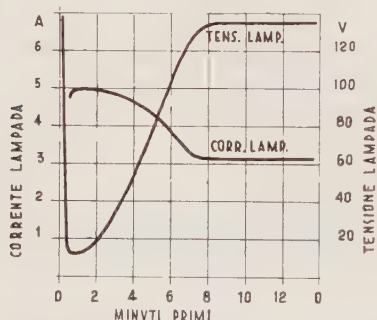


Fig. 13. — Andamento della tensione e della corrente, in una lampada fluorescente a bulbo, durante il periodo transitorio di accensione.

le lampade a scarica, una caratteristica tensione-corrente discendente, equivalente elettricamente ad una resistenza negativa, è indispensabile, allo scopo di eliminare

Un esame della durata delle lampade dimostra che essa dipende da numerosi elementi e, in particolare, dai vari cicli termici a cui è sottoposta, oltre che dalle varie manovre di accensione e di spegnimento.

Particolarmente interessante è l'esame del decremento della emissione luminosa della lampada durante la sua vita: tale decremento si verifica sia per le lampade ad incandescenza sia per le lampade fluorescenti a bulbo.

Nella fig. 14 è riportata la variazione del flusso lumi-

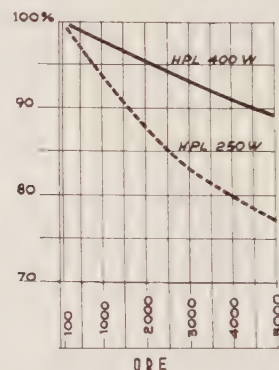


Fig. 14. — Variazione del flusso luminoso, in funzione delle ore di vita, per lampade fluorescenti a bulbo.

noso, in funzione delle ore di vita, per lampade fluorescenti a bulbo da 250 e 400 W, mentre, nella fig. 15, è riportata la variazione del flusso luminoso in funzione delle ore di vita per lampade ad incandescenza.

Mentre per le lampade a scarica tale variazione è dovuta alla alterazione degli elettrodi e ad inquinamento dei vapori di mercurio, per le lampade ad incandescenza la variazione è dovuta soprattutto alla sublimazione del filamento.

Nelle figg. 16 a, 16 b è riportato l'andamento della energia raggiante e della emissione luminosa delle lampade fluorescenti a bulbo nelle diverse lunghezze d'onda dello spettro, a cui è sensibile l'occhio umano.

La diffusione delle lampade fluorescenti a bulbo è andata sempre più aumentando nella città di Roma. Naturalmente una grande oculatezza è stata usata nell'adozione di tali lampade, che sono state installate, fuori del

Gli inconvenienti legati ad una emissione praticamente monocromatica, hanno però limitato la diffusione di tali lampade solo ad applicazioni del tutto particolari. È sufficiente richiamare, tra gli impianti realizzati in occa-



Basilica S. Maria Maggiore.

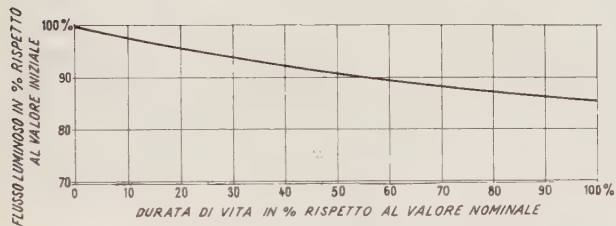


Fig. 15. — Variazione del flusso luminoso; in funzione delle ore di vita, per lampade ad incandescenza.

centro storico e monumentale, soprattutto nei nuovi quartieri di espansione della città.

Nessuna diffusione invece hanno avuto, nella illumi-

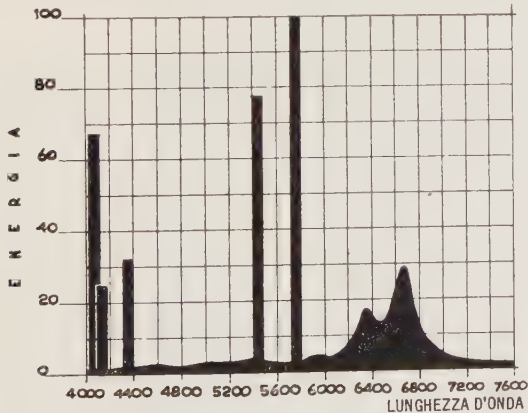


Fig. 16 a. — Energia raggiante delle lampade fluorescenti a bulbo nelle lunghezze d'onda dello spettro, a cui è sensibile l'occhio umano.

nazione di strade urbane o extraurbane, le lampade a vapori di sodio, che hanno trovato una notevole applicazione all'estero, per la loro efficienza luminosa e per la particolare sensibilità dell'occhio al colore della radiazione.

sione delle Olimpiadi con lampade a vapori di sodio, quello destinato alla illuminazione del Palatino e quello del Colosseo (figg. 17, 18).

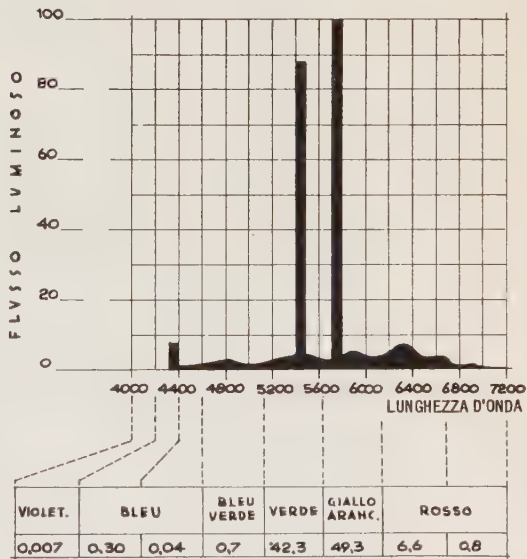


Fig. 16 b. — Emissione luminosa delle lampade fluorescenti a bulbo nelle lunghezze d'onda dello spettro, a cui è sensibile l'occhio umano.

ALIMENTAZIONE DELL'IMPIANTO.

Uno dei problemi di maggiore impegno dal lato tecnico e, soprattutto, dal lato economico, è quello riguardante l'alimentazione delle lampade, date le fondamentali caratteristiche delle strade di grande traffico: la notevole lunghezza dei tronchi da illuminare e la forte potenza di lampade da installare, per ottenere gli elevati livelli di illuminazione desiderati.

Le due esigenze impongono subito l'esame della opportunità di utilizzare il sistema di alimentazione in deri-

vazione o il sistema di alimentazione in serie. Una volta prescelto il sistema più rispondente dal lato tecnico e dal lato economico, è necessario naturalmente esaminare i singoli problemi che tale adozione comporta.

densità di carico per metro lineare di strada, mentre, nel caso dell'alimentazione in serie, ne risulta inversamente proporzionale; la perdita di potenza è inoltre inversamente proporzionale al quadrato della tensione di linea



Fig. 17. Illuminazione con lampade a vapori di sodio del Palatino.



Fig. 18. — Illuminazione con lampade a vapori di sodio del Colosseo.

Nel caso dell'alimentazione in derivazione mediante linea trifase, la perdita di potenza si può esprimere, supponendo l lo sviluppo dell'impianto, S la sezione del conduttore, P la potenza da distribuire in modo uniforme lungo tutto lo sviluppo del cavo, e ρ la resistività del materiale di cui sono costituiti i conduttori:

$$P_d = \frac{1}{2} \rho \frac{l^2}{S} \frac{P}{l^3}$$

Nel caso invece di alimentazione in serie, la stessa perdita di potenza può essere espressa:

$$P_s = 2 \frac{\rho}{S} \frac{l^2}{l} \frac{P}{l}$$

Dall'esame delle due formule si può dedurre che la perdita di potenza è direttamente proporzionale, nel caso di alimentazione in derivazione con sistema trifase, alla

nel primo caso, mentre ne è indipendente nel secondo; in questo ultimo poi, per una data densità di corrente di linea, la perdita è direttamente proporzionale alla corrente.

L'alimentazione in derivazione, mediante un sistema trifase, può convenire, nel caso delle lampade stradali, solo per circuiti aventi uno sviluppo modesto e per piccole densità di carico, e, pertanto, aumentando la potenza da erogare per metro lineare di strada, aumenta, nel caso di alimentazione in serie, il rendimento elettrico del sistema. Tale vantaggio, unito a quello della indipendenza dallo sviluppo del circuito, rende il sistema di alimentazione in serie il più idoneo per la realizzazione di impianti in strade urbane o extraurbane a traffico veloce e di sviluppo notevole, per le quali sono desiderati notevoli livelli di illuminazione.

Agli accennati vantaggi di esercizio deve poi essere unito, in sede di costruzione, quello relativo alla diminuzione delle cabine di trasformazione.

Infatti il tipo di impianto alimentato in serie, permette la facile alimentazione di lampade poste a distanza, anche notevole, dalla cabina. Mancando ogni ragione di

limitare la caduta di tensione entro limiti assai ristretti, come accade per gli impianti in derivazione, è possibile risparmiare una notevole quantità di rame, essendo possibile mantenere costante la sezione del conduttore di alimentazione e calcolare questo solo in base al valore della densità di corrente stabilita.



Fontana Paolina in S. Pietro Montorio.

in sede di costruzione, hanno consigliato l'adozione della alimentazione in serie delle lampade lungo le strade di grande traffico.

Questa soluzione sembra ottima per Roma ove già esiste, da molti anni, un imponente complesso di impianti di illuminazione pubblica a corrente costante, del valore di 7,5 A.

I circuiti di tali impianti sono alimentati da trasformatori autoregolatori, a bilanciamento idrostatico, della potenza di 20 kVA. La tensione di esercizio risulta, in tali condizioni, di 2700 V.

Lungo tutta la Via Olimpica sono stati costruiti impianti in serie, mentre nel quartiere residenziale dell'EUR, adiacente al Palazzo dello Sport ed al Velodromo, sono stati mantenuti gli impianti alimentati in derivazione.

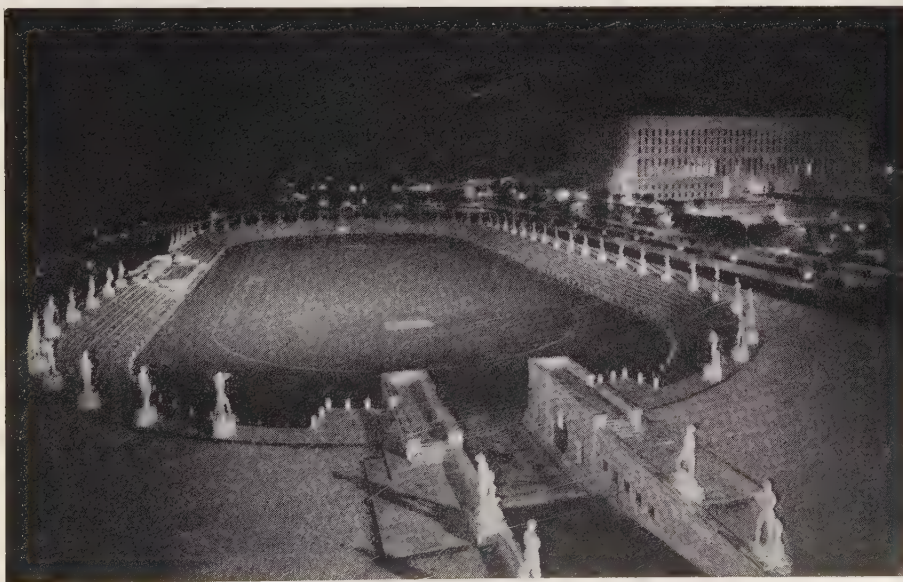
L'adozione di lampade fluorescenti a bulbo ha comportato la soluzione di non pochi problemi. Tali lampade, come tutte le lampade a scarica, presentano una caratteristica negativa, che impone la stabilizzazione della corrente mediante un elemento esterno. Esso è, per lo più, costituito da una forte impedenza, realizzata mediante un circuito avvolto su nucleo di ferro.

A tale elemento, denominato reattore, vengono assegnati scopi diversi, a seconda che trattasi di reattori predisposti per impianti alimentati in derivazione o per impianti alimentati in serie.

Nel caso della alimentazione in derivazione, le impedenze debbono soddisfare a due requisiti essenziali, per garantire il corretto funzionamento delle lampade:

- erogare la esatta corrente di scarica, nelle normali condizioni di alimentazione;
- avere una corrente di corto circuito limitata.

Mentre la prima condizione garantisce il funzionamento della lampada, la costanza del flusso luminoso e la durata, la seconda è particolarmente importante, in quanto una corrente eccessiva durante il periodo di avviamento, può determinare un esagerato riscaldamento degli elettrodi e quindi influire, in maniera negativa, sulla vita della lampada. Inoltre un piccolo valore del rapporto tra corrente di corto circuito e corrente nor-



Stadio dei Marmi al Foro Italico.

La possibilità poi di ridurre il numero dei trasformatori, effettuandone un notevole distanziamento, permette la sensibile riduzione delle spese di primo impianto. Le accennate economie, realizzabili in sede di esercizio ed

male, assicura una stabilità del valore della corrente di lampada al variare anche della tensione di alimentazione.

Nella fig. 19 sono riportate le curve caratteristiche di due impedenze diverse, le quali, pur presentando un

unico valore della corrente di funzionamento, corrispondente al punto *A* del grafico, hanno due valori diversi della corrente di cortocircuito, corrispondenti ai due punti *B* e *C* delle diverse caratteristiche. Il punto *C* corrisponde ad un valore più elevato della corrente di corto

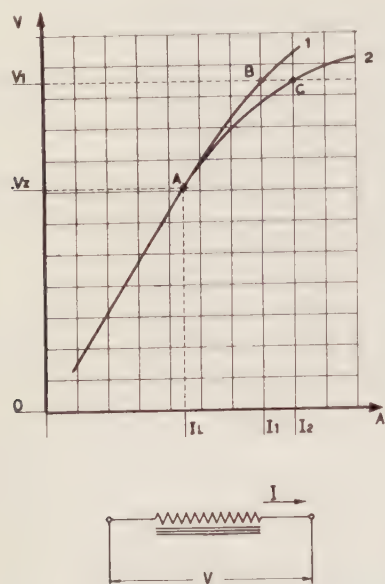


Fig. 19. — Caratteristiche di una impedenza destinata alla stabilizzazione della corrente in una lampada a scarica.

circuito, mentre il punto *B* corrisponde ad un valore inferiore di tale corrente. Evidentemente la impedenza n. 1 presenta, in corrispondenza di variazioni di tensione, una minore variazione della corrente: tale minore variazione si ripercuote, in maniera sensibile, sulla durata e sulla efficienza luminosa della lampada.

Altre caratteristiche di importanza fondamentale sono l'ottimo isolamento e le basse perdite di esercizio, essendo la durata della impedenza legata in modo assai stretto alla temperatura raggiunta durante il funzionamento. Specie quando il complesso è installato entro la armatura, ove si somma l'effetto termico dovuto alla lampada funzionante, è necessario procedere con grande oculatezza nella scelta del tipo di isolante. A questo riguardo è opportuno rammentare che, ad un aumento di 10 °C della temperatura di esercizio dell'isolante, corrisponde una diminuzione della vita del 50 %.

Oltre a prescegliere una adeguata classe di isolamento, è necessario ridurre al minimo le perdite, adottando lamiere al silicio, per i nuclei di ferro, e conduttori di rame, di abbondante sezione, per gli avvolgimenti.

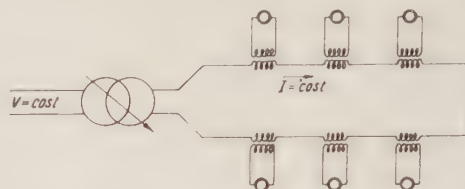


Fig. 20. — Schema di inserzione di lampade fluorescenti a bulbo in circuiti alimentati in serie.

Nel caso invece di circuiti alimentati in serie, si impone la soluzione di alcuni problemi tecnici di notevole importanza.

I trasformatori di alimentazione delle lampade fluorescenti a bulbo, da inserire in circuiti alimentati a corrente costante, sono praticamente dei trasformatori serie. Infatti, essendo la corrente mantenuta costante, in partenza, dal trasformatore autoregolatore, la funzione di tali trasformatori serie è quella di adeguare il valore della corrente del circuito a quella della lampada, e di assicurare un sufficiente isolamento (fig. 20).



I pini di Villa Borghese.

Allo scopo di ottenere una caratteristica la più lineare possibile, è necessario diminuire il valore della induzione nelle lamiere, costituenti il nucleo, non superando i valori di 0,9÷1 Wb/m², in modo da mantenersi sufficientemente lontani dalla saturazione.

Il problema fondamentale, nella alimentazione di lampade a scarica, a differenza delle lampade ad incandescenza, è quello di assicurare una tensione sufficiente all'innesco della lampada, pur mantenendone, a parità di corrente, un valore più basso durante il funzionamento.

Tale diversità dipende dal fatto che la lampada a scarica ha bisogno, per l'innesco, di una tensione superiore a quella di funzionamento normale.

La caratteristica del circuito magnetico dei trasformatori deve essere tale che, pur avendo la tensione in uscita dal circuito secondario del trasformatore un valore di 250 V, il valore di cresta non superi i 550 V, che assicurano l'accensione anche a lampada invecchiata.

È opportuno rammentare che, proprio dal valore di cresta della tensione, dipende l'innesco della scarica, ma che un valore eccessivo può risultare pericoloso, verificandosi, durante il funzionamento dell'impianto, una interruzione, anche momentanea, della alimentazione dei trasformatori autoregolatori. In questo caso la corrente di scarica si interrompe e la lampada si spegne; al ritorno della tensione nel circuito secondario del trasformatore, la corrente non può adescarsi fino a che la pressione del vapore di mercurio, con il raffreddamento, non sia sufficientemente diminuita. In tali condizioni, permanendo ai capi della lampada il valore massimo della tensione, potrebbero verificarsi scariche tra i reofori adduttori di corrente, internamente al bulbo della lampada.

La necessaria limitazione del valore massimo della tensione, si ottiene mediante l'introduzione, nel circuito magnetico, di un traferro il quale, però, a causa dell'aumento della corrente magnetizzante del trasformatore, causa un abbassamento del fattore di potenza.

Tale diminuzione del fattore di potenza è uno degli elementi meno convenienti per la utilizzazione del trasformatore a bobina mobile, fino ad ora prevalentemente impiegato nella alimentazione degli impianti a corrente costante. Infatti, la diminuzione del fattore di potenza nel circuito secondario di un trasformatore autoregolatore a bobina mobile, impone una notevole diminuzione del valore della potenza reale massima erogabile.

Considerando il complesso lampada-reattore come un elemento avente un fattore di potenza inferiore alla unità, il trasformatore autoregolatore si trova nelle condizioni di alimentare un carico induttivo.

A differenza di quanto avviene in un trasformatore di tipo normale, nel quale, al fattore di potenza del circuito secondario, corrisponde, nel circuito primario, un fattore di potenza poco diverso, nel trasformatore autoregolatore, il cui funzionamento è basato sul flusso disperso, il fattore di potenza del circuito primario differisce notevolmente da quello del circuito secondario.

Poichè il trasformatore autoregolatore a bobina mobile risulta alimentato a tensione e corrente praticamente costante, al diminuire del fattore di potenza del carico, diminuisce, con legge molto rapida, anche il valore della potenza attiva massima che il trasformatore può erogare.

A titolo di esempio viene riportata, per un trasformatore a bobina mobile, raffreddato ad aria, della potenza di 3 kVA, la curva di variazione, in funzione del fattore di potenza del circuito di utilizzazione, della massima potenza attiva erogabile dal trasformatore (fig. 21).

Dal grafico risulta assai evidente l'importanza che il fattore di potenza del circuito secondario, determinato dal complesso lampada-reattore, ha sulla utilizzazione del trasformatore a bobina mobile.

È da notare che ad un carico di lampade superiore a quello precedentemente stabilito, corrisponderebbe, nel trasformatore, una diminuzione del valore della corrente costante e, in conseguenza, una notevolissima diminuzione del flusso luminoso emesso dalle lampade.

Tale mancata utilizzazione della potenza del macchinario è uno dei più gravi inconvenienti relativi alla adozione di lampade fluorescenti a bulbo, tanto che in questi ultimi anni sono stati ripresi in esame particolari sistemi di regolazione della corrente in circuiti serie.

I risultati della applicazione di sistemi siffatti sono confortanti e verranno tra poco confermati dalla pratica esperienza di esercizio.

È anche opportuno notare che la inserzione delle lam-

pade a scarica nei circuiti provoca una deformazione della tensione e della corrente.

Dal punto di vista teorico ogni lampada a scarica potrebbe essere schematizzata in un generatore di armoniche: tali armoniche vengono immesse, durante il funzionamento, nella intera rete di alimentazione. La deformazione della forma d'onda deriva dal fatto che la forma d'onda della tensione, ai capi della lampada è di tipo rettangolare, in quanto, una volta adescatasi la scarica, la corrente risulta praticamente indipendente dalla tensione.

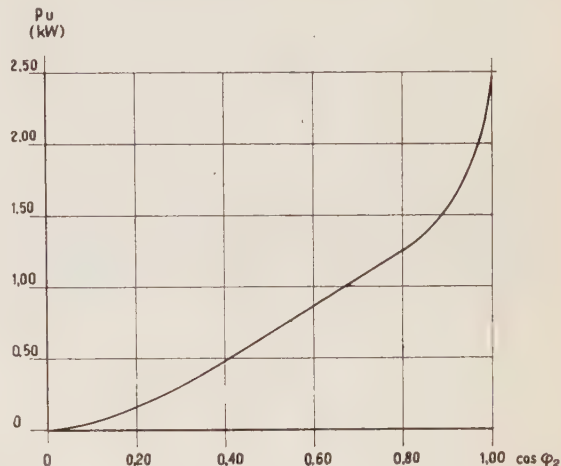


Fig. 21. — Curva della variazione della massima potenza attiva erogabile da un trasformatore autoregolatore da 3 kVA, in funzione del fattore di potenza del circuito secondario.

Tale deformazione sarà notevole a valle del trasformatore serie, mentre sarà meno accentuata a monte del trasformatore serie ed ai morsetti del trasformatore autoregolatore (fig. 22), come risulta dagli oscillogrammi ricavati.

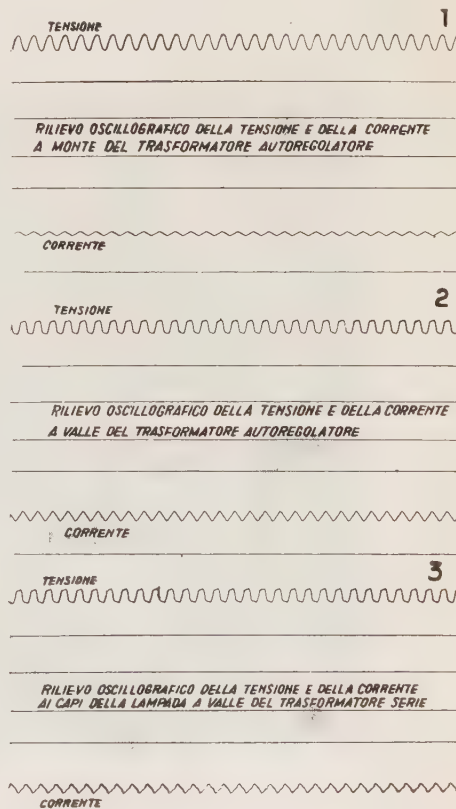


Fig. 22. — Oscillogrammi della tensione e della corrente ricavati in vari punti di un circuito a corrente costante.

Non vi è dubbio che, considerandone esclusivamente l'aspetto tecnico, l'adozione delle lampade fluorescenti a bulbo propone nuovi problemi tecnici, sia nei riguardi delle apparecchiature di stabilizzazione, sia nei riguardi dei particolari circuiti di alimentazione, ma un semplice raffronto, del costo di 1 000 lumen emessi per un'ora da una lampada fluorescente a bulbo e da una lampada ad incandescenza, conferma la convenienza, dal punto di vista economico, di affrontare e risolvere tali problemi.

Considerando infatti il diverso costo della sorgente luminosa, la diversa vita delle lampade, il diverso decadimento del flusso luminoso, il diverso consumo di energia, si può agevolmente constatare che, mentre il maggior onere delle lampade fluorescenti a bulbo, rispetto alle lampade ad incandescenza, risulta di 0,076 L./1 000 lumen-ora, il risparmio di energia risulta di 34,14 Wh/1 000 lumen-ora.

Traducendo tale risparmio di energia in lire, al prezzo medio della energia utilizzata per illuminazione pubblica, si può constatare la convenienza della adozione di tali lampade.

Lo studio accurato dei vari elementi ha permesso di stabilire i concetti fondamentali da porre alla base dei progetti, poi realizzati, per la illuminazione delle strade a grande traffico in occasione delle Olimpiadi. Questi concetti sono naturalmente del tutto generali e sono stati applicati, ad ogni singolo caso, secondo le particolari esigenze.

L'efficienza degli impianti eseguiti è risultata notevole; basta ricordare gli impianti della Via Olimpica (fig. 23), quelli della zona EUR circostanti i complessi olimpici, gli impianti della Via Appia, tra l'aeroporto di Ciampino ed il Centro cittadino (fig. 24), quelli del Villaggio Olimpico (fig. 25) e della Via di Scorrimento rapido Foro Italico-Via Salaria (figg. 26, 27).

Grazie alla cura posta nella progettazione e nello studio dei particolari costruttivi, tale complesso, veramente

Basti rammentare che sono stati messi in opera ben 12 112 sostegni, 15 962 lampade, 79 cabine di trasfor-



Fig. 23. Via Olimpica.



Fig. 24. - Via Appia.



Fig. 25. — Villaggio Olimpico e viadotto corso Francia.

imponente di installazioni, ha potuto essere realizzato in pochi mesi.

mazione, ove sono stati installati trasformatori di vario tipo per complessivi 5 600 kVA. La nuova rete di ali-

mentazione in cavo ha raggiunto uno sviluppo di circa 300 km.

A tali impianti di pregevole levatura tecnica, destinati

costruiti dopo lunghi studi e prove, hanno accentuato, nelle ore notturne, la incomparabile bellezza di quelle opere che, uniche al mondo, create dalla natura e



Fig. 26. — Via Olimpica (tronco compreso tra il Foro Italico e la Via Salaria).



Fig. 27. — Via Olimpica (tronco compreso tra il Foro Italico e la Via Salaria).

ad illuminare strade a traffico veloce, debbono essere aggiunti, nel quadro delle realizzazioni per la XVII Olimpiade di Roma, gli impianti speciali destinati ad illuminazioni artistiche e di caratteristiche particolari che,

dall'ingegno umano, adornano il volto dell'Urbe immortale.

Manoscritto pervenuto il 31-1-1961.

MOTORI PRIMI IDRAULICI NELL'ANNO 1960

MARIO MEDICI

Viene effettuata una sintetica rassegna dello sviluppo intervenuto, durante l'anno 1960, nel campo delle acquisizioni teoriche, della ricerca sperimentale, della progettazione e delle tecnologie costruttive, relative ai motori primi idraulici ed alle pompe-turbine, con particolare riferimento alla evoluzione degli impianti idroelettrici italiani ed alle caratteristiche idrotecniche dei macchinari.

Nell'anno 1960 la produzione idroelettrica italiana ha raggiunto i 45,8 miliardi di kWh; essa è stata la più alta fra le produzioni idroelettriche in Europa.

All'ulteriore evoluzione dei turbomotori idraulici delle diverse classi, Pelton, Francis e Kaplan e delle pompe-turbine hanno contribuito efficacemente alcune nuove acquisizioni intervenute nella teoria di queste macchine ⁽¹⁾ ed interessanti risultati emersi da approfondite analisi statistiche di studio e da ricerche sperimentali di laboratorio ⁽²⁾ e ⁽³⁾. Questi ultimi hanno confermato l'opportunità di passare ad effettuare i collaudi sui turbomotori idraulici e sulle pompe-turbine preferenzialmente mediante accurate prove di laboratorio su modello in scala adeguatamente ridotta, come previsto dal codice internazionale « IEC International Code for hydraulic turbines using Laboratory Models », approntato dal TC n. 4 dell'IEC, anzichè sulle esecuzioni industriali delle macchine negli impianti ultimati, potendosi raggiungere una maggiore esattezza nelle varie determinazioni sperimentali e nelle calcolazioni dei rendimenti.

Presso il NEL (National Engineering Laboratory) di East Kilbride in Scozia sono state effettuate delle interessanti ricerche per stabilire quali sono i valori del grado di esattezza raggiungibili nelle prove di laboratorio predette, con riferimento ai valori delle tolleranze previste nel progetto di Norme dell'IEC-TC n. 4, le quali sono, ad esempio, di $\pm 3\%$ per gli spessori palari, di $\pm 5\%$ per le inclinazioni dei profili palari e di $\pm 0,2\%$ per le ampiezze dei canali palari per quanto attiene ai turbomotori Kaplan. Dalle ricerche è emerso che l'incertezza nella determinazione del rendimento di una macchina idraulica in laboratorio può ridursi a valori di solo $\pm 0,5\%$ e che l'effetto della differente entità percentuale delle perdite volumetriche nei giuochi può essere reso praticamente insignificante.

Al simposio di Nizza, nel settembre 1960, è stato posto in rilievo che la ruvidità o rugosità relativa delle superfici interne della macchina può avere una marcata influenza sulla transizione dello strato limite e, quindi, sull'intervento di fenomeni cavitazionali. Il numero di Reynolds per la rugosità (numero massimo per la sicurezza in questo riguardo) è stato riscontrato essere di 25. Le lavorazioni usuali per le superfici interne dei modelli di macchine idrauliche conducono a valori, che sono dell'ordine di 7,5. Quindi, con ben condotte sperimentazioni in laboratorio, si può fare sì che le deviazioni dalla similitudine geometrico-cinematico-dinamica fra i modelli

⁽¹⁾ Cfr. M. MEDICI: *Aggiornamento e riassetto della teoria delle turbomacchine*. - « *Ia Ricerca Scientifica* », anno 30°, n. 10, ottobre 1960, pagg. 1480-1508.

⁽²⁾ Cfr. « *Atti del Simposio di Nizza* » (settembre 1960), promosso dalla Société Hydrotechnique de France, sulla ricerca nel campo dei turbomotori idraulici.

⁽³⁾ Cfr. J. H. WALKER: *Machines for pumped storage schemes*. - « *Electrical Review* », 9 ottobre 1959, pagg. 411-417.

di macchine e le loro esecuzioni in scala industriale, praticamente non attuabile in laboratorio, abbiano, in definitiva, soltanto secondaria influenza ed importanza.

Per quanto concerne i turbomotori Pelton è risultato confermato che il valore ottimale della velocità periferica aumenta per essi coll'aumentare del numero caratteristico della macchina, mentre alcune analisi statistiche di risultati sperimentali sembrerebbero indicare che l'utilizzazione dell'energia idrica in questi turbomotori sia indipendente dal numero di pale, che hanno le giranti.

Coi turbomotori Francis si è passato vantaggiosamente all'utilizzazione di cadute idriche fra i 540 ed i 600 m, specialmente nella Svizzera ed in Norvegia, beninteso con adeguate contropressioni a valle della turbina. Nell'estate del 1960 è entrata in servizio nella centrale idroelettrica di Führen una turbina Francis-Escher Wyss, ad asse orizzontale, progettata per una pressione d'esercizio di 700 m, per una altezza idrica statica di 596 m e per una contropressione a valle di 200 m. Si tratta di una macchina telecomandata, ruotante a 1000 giri/min, e per una portata d'acqua dell'ordine dei 3 m³/s. La velocità di fuga è di 1650 giri/min. Nella centrale idroelettrica d'accumulazione di Ferrera, anche in Svizzera, nell'anno 1961, verranno installati tre turbomotori Francis-Escher Wyss da 72,3 MW ciascuno, ruotanti con 750 giri/min, ad asse orizzontale, per una portata d'acqua di 15,8 m³/s ed una caduta idrica di 522 m e di essi, due verranno collegati a due pompe d'accumulazione idrica a doppio stadio, destinate a funzionare con portate idriche di 4,485 m³/s a 3,395 m³/s e prevalenze di 430 a 499 m.

Nelle installazioni ad asse verticale si è venuto estendendo l'impiego degli elettrogeneratori *foggianti ad ombrello* per i turbomotori Francis, sia negli impianti europei (ad esempio quello di Picote nel Portogallo con $H = 377$ m ed $n = 167$ giri/min), sia in quelli nordamericani (ad esempio quello di Wilson della TVA con turbogruppi da 60 MVA, ruotanti con 106 giri/min).

Notevole è la diffusione dei turbomotori Kaplan per impianti idroelettrici elaboranti cadute idriche superiori ai 50 m, sia in Europa, sia negli altri continenti. La Costruzioni Meccaniche Riva ha allestito, ad esempio, un turbomotore Kaplan pei seguenti dati idrotecnici:

$$H = 50 \text{ m} ; Q = 30 \text{ m}^3/\text{s} ; P = 13,1 \text{ MW},$$

raffigurato nella sua sezione principale in fig. 1 per l'impianto idroelettrico di Uvini sul Flumendosa e tre turbomotori per gli impianti idroelettrici di El Oviachic e di Mocuzari nel Mexico, con:

$$H = 53,7 \text{ m} ; Q = 23,3 \text{ m}^3/\text{s} ; P = 11 \text{ MW}.$$

La fig. 2 è una suggestiva veduta fotografica della girante Kaplan a sette pale di questi turbomotori.

Nel settore delle macchine reversibili, pompe-turbine, a giranti assiali Kaplan, oppure semiassiali a flusso obliquo, di forma conica, sistema Deriaz, interessanti indicazioni tecniche sono emerse dai risultati di prove e ricerche comparative eseguite a Rugby, presso il laboratorio di ricerca della English Electric Co, con riferimento ad una richiesta di fornitura di macchine della potenza di 23 MW ad $n = 300$ giri/min e per una $H = 55/58$ m al North of Scotland Hydroelectric Board. Le ricerche hanno avuto luogo su di una macchina-modello ad asse ver-

ticale con girante Kaplan del diametro di 520 mm ad otto pale e, rispettivamente, su di una macchina-modello anch'essa ad asse verticale e monogirante, con una girante

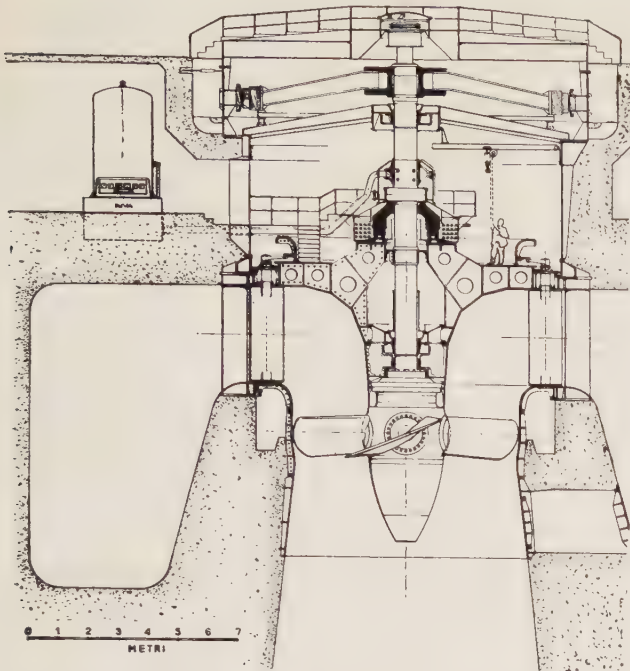


Fig. 1. — Veduta della sezione principale del turbomotore Kaplan-Riva dell'impianto di Uvini (Mocuzari-El Oviachic).

conica semiassiale a flusso Deriaz, del diametro di 510 m (misurato in corrispondenza dei perni palari) ed avente 10 pale. I risultati sono stati i seguenti:



Fig. 2. — Veduta fotografica del turbomotore Kaplan-Riva con girante a 7 pale.

a) per un'altezza idrica di 55 m, i rendimenti ottenuti sono stati: per la macchina a girante Kaplan, di 0,871 - 0,882 - 0,875; per la macchina a girante Deriaz, di 0,895 - 0,908 - 0,881; rispettivamente al carico massimo continuo, economico e metà carico;

b) per un'altezza idrica di 58 m, i rendimenti ottenuti sono stati: per la macchina a girante Kaplan, di 0,87 - 0,882 - 0,877; per la macchina a girante Deriaz, di 0,897 - 0,908 - 0,883.

Sicché per la centrale di Culligran è stata ordinata una prima macchina reversibile Deriaz da 23 MW, che è in

fase d'ultimazione. Essa farà seguito alle sei pompe-turbine Deriaz, ad asse verticale, monogiranti, con girante conica semiassiale, aventi un'inclinazione delle pale giranti di 45° sull'orizzontale, installate, nel biennio 1958-1959, nella centrale idroelettrica Sir Adam Beck sul Niagara, con potenza sviluppata di 20 MW ciascuna nel funzionamento come turbomotore e potenza assorbita di 36 MW nel funzionamento come pompa, ed alle tre pompe-turbine Deriaz da 61/82,4 MW ciascuna, anch'esse ad asse verticale e monogiranti, con giranti coniche semiassiali a flusso obliquo, ma con inclinazione di 30° sull'orizzontale per la centrale idroelettrica spagnuola di Valdecanales, le quali ruoteranno a 150 giri/min e funzioneranno con altezze idriche $H = 50/73$ m (prevalenza di 50 m; caduta idrica di 73 m, assorbimento 61 MW nel funzionamento come pompa e sviluppando 82,4 MW nel funzionamento da turbomotore).

La macchina reversibile Deriaz, a pari valore pel diametro D_c del cerchio, luogo dei punti dei centri dei perni

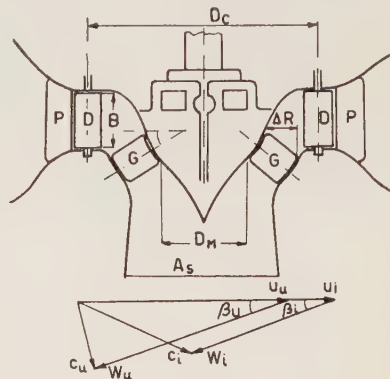


Fig. 3.

di rotazione della corona palare distributrice (cfr. fig. 3), ma con una minore altezza B per la detta corona palare, consente di raggiungere una migliore profilazione idrodinamica per il percorso della corrente lungo la girante e verso il tubo, rispettivamente di scarico nel funzionamento come turbomotore e d'introduzione in quello come pompa, con un minore diametro D_m per il mozzo (in corrispondenza del bordo d'uscita delle pale giranti) una minore estensione per le superfici interne bagnate della macchina (cfr. la fig. 3, che ne dà una raffigurazione schematica) e, quindi, minori perdite d'energia, a pari valore per l'area delle sezioni di scarico (funzionamento da turbomotore) o d'introduzione (funzionamento della macchina da pompa).

Nella girante della macchina Deriaz, considerata funzionante da turbomotore, l'area A_i della sezione di flusso all'ingresso è maggiore di quella che si ha in una girante assiale Kaplan, mentre la velocità periferica u_i è minore di quella u_u all'uscita. Ne segue che la velocità assoluta c_i della corrente liquida all'ingresso della palettatura girante, a parità d'altre circostanze, è minore di quella che si ha per una girante assiale Kaplan. Le due velocità relative della corrente all'ingresso ed all'uscita della palettatura girante, nel funzionamento della macchina quale turbomotore, hanno all'incirca direzioni parallele, sicché poco diversi sono i valori degli angoli β di flusso all'ingresso ed all'uscita. Ne discendono alcune interessanti caratteristiche idrotecniche delle giranti Deriaz:

- 1) nel funzionamento della macchina come pompa, la girante Deriaz può dare maggior prevalenza;
- 2) la girante Deriaz ha una minore velocità di fuga d'una corrispondente girante Kaplan;
- 3) sulla girante Deriaz si ha una minore spinta idrodinamica;

4) la girante Deriaz ha un miglior comportamento rispetto ai fenomeni cavitazionali, perchè la zona di minor pressione è spostata in essa a valle della macchina e non interviene in prossimità del lato palare convesso, come avviene per giranti assiali Kaplan;

5) la macchina reversibile Deriaz è in grado di dare migliori rendimenti, in ispecie ai carichi parziali o variabili.

Le macchine reversibili Deriaz comportano, però, delle differenze costruttive anche per quanto concerne il servomotore ed il meccanismo di manovra delle pale giranti (cfr. la fig. 4).



Fig. 4. — Veduta fotografica di una macchina idraulica reversibile (pompa-turbina) del sistema Deriaz.

La prima macchina reversibile pompa-turbina, di costruzione giapponese, ad asse verticale, monogirante, con una girante del tipo Francis a sei pale molto prolungate nella porzione inferiore (quella d'imbocco, nel funzionamento della macchina come pompa), che ricorda quella dell'impianto nordamericano di Hinwassee, raffigurata nella fig. 5 ed, in veduta fotografica, nella fig. 13 della

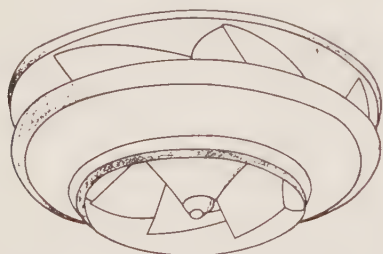


Fig. 5. — Veduta in prospettiva della girante a sei pale della pompa turbina Allis-Chalmers dell'impianto di Hinwassee.

rassegna annuale per l'anno 1958, è stata allestita dalla Hitachi Ltd Co di Tokio, a seguito di ricerche su macchine-modello ed è stata installata durante l'anno 1959 a Omorigawa, ove è attualmente in servizio industriale, funzionando come pompa sotto un battente idrico di 5 m.

Le sue caratteristiche idrotecniche sono le seguenti:

funzionamento come turbomotore:

$H_T = 118$ m ; $Q_T = 12$ m³/s ; $P_T = 12,2$ MW ; $n = 400$ giri/min;

funzionamento come pompa:

$H_P = 81,3$ m (statica) ; $Q_P = 13$ m³/s (massima)

$P_P = 14,3$ MW ; $n = 400$ giri/min.

È emerso che il numero di giri *ottimale* pel funzionamento come pompa, con un battente idrico all'introduzione di 5 m, è uguale a 1,037 di quello pel funzionamento come turbomotore.

Il regolatore di velocità di questa macchina è del tipo magnetico-elettrofluidodinamico. La macchina elettrica ha le connessioni a doppia stella e, funzionando come motore sviluppa 15 MW a $\cos \varphi = 1$; funzionando come generatore dà 14 MVA a $\cos \varphi = 0,9$. La tensione alla macchina è di 11 kV.

Il problema dell'avviamento delle macchine reversibili negli impianti idroelettrici a funzionamento alterno di pompaggio e turbinaggio è stato ulteriormente analizzato e studiato nel corso del 1960, ponendone a confronto le varie soluzioni, che sono sostanzialmente le tre seguenti:

a) un avviamento elettrico con macchina sincrona, usata come un motore ad induzione, accelerando rapidamente il rotore a gabbia. Alla piena velocità l'energia accumulata deve essere dell'ordine di 3,5 Ws per kVA della macchina reversibile. Ad esempio, se la macchina è per 210 MVA si debbono potere dissipare 750 MWs attraverso l'avvolgimento della gabbia e quest'esigenza impone degli avvolgimenti elettrici pesanti, ad alta resistenza, in rame al silicio od ottone aventi una resistività circa 10 volte quella del rame. La caduta di tensione è dell'ordine del 3 % circa durante la fase d'avviamento;

b) un avviamento con diminuzione della tensione ai morsetti della macchina allo scopo di ridurre l'energia fluente nell'avvolgimento statorico. Occorre a tal fine un autotrasformatore oppure adatte prese sul lato di bassa tensione del trasformatore. Questo sistema d'avviamento



Fig. 6. — Veduta fotografica di una girante a 10 pale del sistema Kaplan-Nechleba.

è stato adottato nell'impianto nordamericano di Hinwassee;

c) un avviamento denominato *sincrono*, che si attua utilizzando un gruppo generatore per avviare gli altri dell'impianto, i quali funzionano da motori sincroni. Questo sistema d'avviamento richiede un gruppo turboalternatore ingombrante e costoso.

Nel campo dei turbomotori Kaplan per l'elaborazione d'alte cadute idriche, sono interessanti le applicazioni cecoslovacche in centrali per servizi di punta nelle quali i turbogruppi Kaplan vengono usati come compensatori del fattore di potenza, in relazione al fatto che i turbomotori Kaplan sono quelli che hanno minori perdite per ventilazione. In base agli studi ed all'esperienza fatta dal prof. Miroslav Nechleba per cadute idriche inferiori ai 70 m la soluzione con turbomotori Kaplan è più vantaggiosa; per $H = 70$ m si verifica l'equivalenza di costo fra la soluzione con turbomotori Kaplan e quella con turbomotori Francis. Gli impianti idroelettrici di Orlik e di Slapy, sulla Vltava, con turbomotori Kaplan d'alta caduta con giranti a 10 pale (fig. 6), sono stati attuati a seguito di sistematiche ricerche su modelli, eseguite presso l'Istituto statale per la progettazione di questi impianti di Praga, diretto dal prof. Nechleba. Ad Orlik la caduta idrica elaborata dai turbomotori Kaplan varia fra i 44 ed i 72 m; a Slapy fra i 24 ed i 56 m. A Orlik la potenza massima sviluppata è di 94 MW, a Slapy vi sono tre gruppi da 50 MW nominali ciascuno.

Anche il problema della determinazione dell'incidenza sul costo complessivo di un impianto idroelettrico, del costo dell'equipaggiamento elettromeccanico è stato fatto oggetto di nuove analisi durante l'anno 1960, sia per la categoria degli impianti a serbatoio, ove detta incidenza può variare mediamente dal 12% al 16% e sia per gli impianti a deflusso (acque fluenti) nei quali essa può variare mediamente dal 18% al 22%, al fine di ricercare ulteriori miglioramenti.



Fig. 7. — Veduta fotografica delle operazioni di bilanciamento di una delle giranti Pelton-Tosi dell'impianto di Grosio dell'A.E.M.

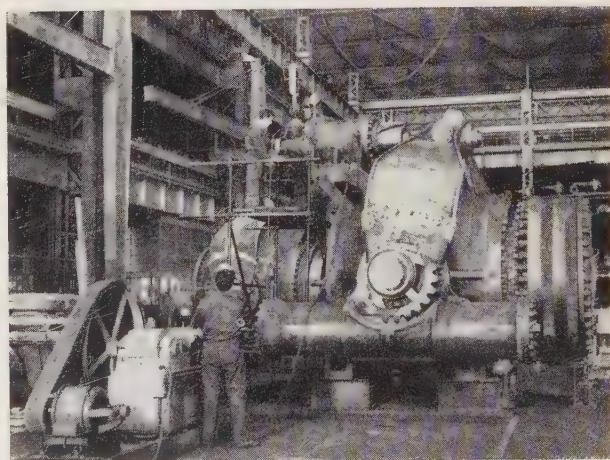
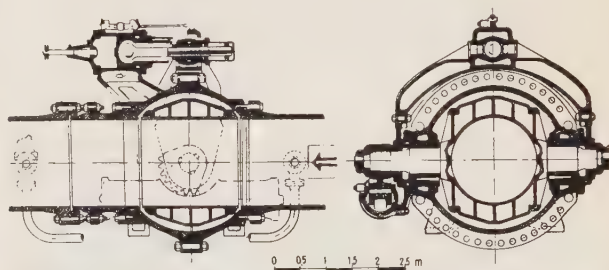
Durante l'anno 1960 sono entrate in montaggio nella centrale idroelettrica di Grosio dell'A.E.M. di Milano le giranti di due dei turbomotori Pelton-Tosi ad asse verticale ed a quattro introduttori, da 107 MW ciascuno ($H = 600$ m; $n = 333$ giri/min). La fig. 7 è una veduta fotografica di queste giranti durante l'operazione di bilanciamento dinamico presso gli stabilimenti della Franco Tosi.

La fig. 8 è una veduta fotografica del montaggio di un turbomotore Pelton-Voith anch'esso ad asse verticale ed a sei introduttori, da 100 MW ($H = 703$ m), nella centrale idroelettrica giapponese di Kurobegawa. La Costruzioni Meccaniche Riva vi ha fornito due grandi valvole



Fig. 8. — Montaggio di un turbomotore Pelton-Voith a 6 introduttori nella centrale di Kurobegawa in Giappone.

rotative, del diametro di 1,60 m (figg. 9 e 10), la cui costruzione è particolarmente interessante per il fatto che gli otturatori sono interamente in lamiera d'acciaio saldata. La Società Calzoni di Bologna vi ha fornito la valvola a farfalla, del diametro di 3,25 m, per la condotta forzata, che è un'opera di un notevole interesse costruttivo ⁽¹⁾.



Figg. 9 e 10. — Impianto Kurobe. La valvola rotativa del sistema Riva.

⁽¹⁾ Per notizie tecniche di dettaglio in merito cfr. la pubblicazione dell'ing. UGO BELLOMETTI: *La condotta forzata di Kurobe II in Giappone* nella rivista «L'Ingegnere Libero Professionista», Anno II, n. 9, sett. 1960, pagg. 407÷426.

Durante l'anno 1960 sono entrati in servizio negli impianti idroelettrici italiani due turbomotori Pelton-Tosi, da 23 MW ciascuno, a S. Valpurga ($H = 714$ m; $n = 428$ giri/min) della Soc. Trentina d'Elettricità, due turbomotori anch'essi Pelton-Tosi da 17, 15 MW ciascuno, a Pont St. Martin della SIP ($H = 525$ m; $n = 428$ giri/min) ed un turbomotore Pelton-Tosi da 32 MW nella centrale di Ganda della Società Falk ($H = 560$ m; $n = 428$ giri/min); tutti e cinque con dislocazione ad asse orizzontale. Inoltre è in allestimento, per l'impianto idroelettrico di Rio Carlino della Società Montecatini, un turbomotore Pelton-Riva ad asse verticale ed a quattro introduttori, costruito interamente in lamiera saldata, da 12,556 MW, per $H = 321$ m e per $Q = 4,55$ m³/s, e per la centrale idroelettrica di Albano a Dongo della Società Falk un turbomotore Pelton-Tosi ad asse orizzontale da 12,225 MW per $H = 390$ m ed $n = 500$ giri/min.

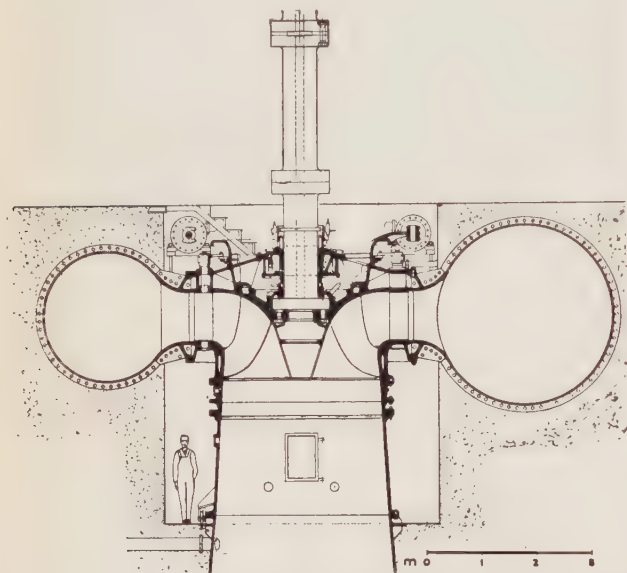


Fig. 11. — La sezione del turbomotore dell'impianto di Monastero (Francis-Riva).

Durante l'anno 1960 sono entrati in servizio a Sils nel cantone svizzero dei Grigioni quattro turbomotori Francis-Escher Wyss, ciascuno da 55/65 MW, $n = 600$ giri/min con $H = 371$ a 412 m, $Q = 17$ a $18,2$ m³/s, aventi un diametro della bocca d'ingresso nella voluta-spirale di 1,35 m ed un diametro della girante di 2,075 m. Nell'impianto idroelettrico di Monastero delle FF.SS. due turbomotori Francis-Riva da 29,65 MW ciascuno, per $H = 61,64$ m e $Q = 61,7$ m³/s, raffigurati nella fig. 11 nella sezione principale; nell'impianto di Varzo Crevola della Società Edison altri due turbomotori Francis-Riva da 23,55 MW ciascuno per $H = 225$ m e $Q = 12$ m³/s.

Per l'impianto idroelettrico di S. Angelo dell'ACEA di Roma, con utilizzazione promiscua da parte del Consorzio di Bonifica della Valle del Sangro e dell'Aventino, sono stati allestiti due turbomotori Francis-Tosi, ad asse verticale, da 30 MW ciascuno, per una H media lorda di 143,9 m, $Q = 18,8$ a $21,8$ m³/s, $n = 375$ giri/min e $P = 19,16$ a $29,83$ MW, corredati di regolazione accelerotachimetrica.

Nell'impianto idroelettrico di Serre Ponçon dell'EDF sono stati allestiti due turbomotori Francis-Riva-Jeumont, raffigurati nella sezione principale nella fig. 12 mentre in fig. 13 è data una veduta fotografica delle giranti. Si tratta di turbomotori della potenza di 84,1 MW, progettati per $H = 124,5$ m e $Q = 75$ m³/s.

Altri turbomotori Francis-Riva sono stati prescelti, rispettivamente in Argentina (due macchine da 29,65 MW ciascuna per $H = 70,85$ m e $Q = 47,7$ m³/s per l'impianto

idroelettrico di Florentino Ameghino) ed in Brasile (tre macchine da 28,8 MW ciascuna, per $H = 96$ m e $Q = 34,5$ m³/s nell'impianto idroelettrico di Jacni).

Nell'impianto idroelettrico di Isola Serafini della Soc. Idroelettrica del Medio Adige si è iniziato, durante il 1960, l'apprestamento per il montaggio dei turbomotori

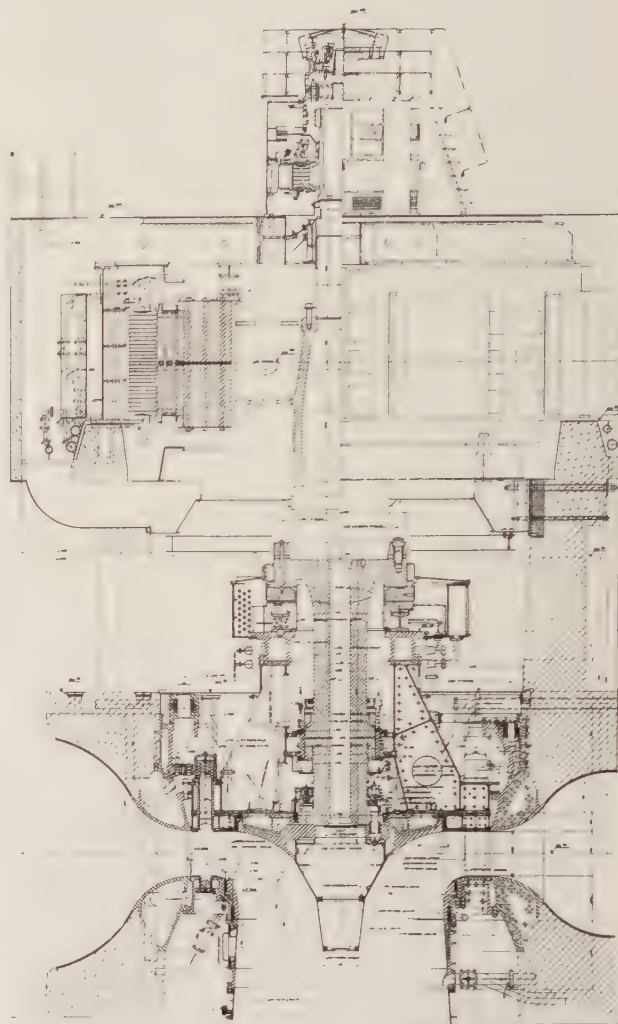


Fig. 12. — La sezione principale delle turbine Francis-Riva-Jeumont dell'impianto di Serre Ponçon.

Kaplan, dei quali due allestiti dalla Franco Tosi (la fig. 14 è una suggestiva veduta fotografica della lavorazione finale di una ruota-girante di questi turbomotori negli stabilimenti della Franco Tosi) e due dalla Costruzioni Meccaniche Riva (nella fig. 15 è raffigurata la sezione principale di uno di questi turbomotori, mentre la fig. 16 è una veduta fotografica della ruota-girante). I turbomotori, ad asse verticale, sono stati progettati pei seguenti dati idrotecnici:

$H = 4,25$ a $7,50$ m; $Q = 300$ a $185,5$ m³/s; $n = 53,57$ giri/min; $P = 10,5$ a $12,5$ MW.

Si trovano in fase di montaggio nell'impianto idroelettrico di Caespedes in Argentina due turbomotori Kaplan-Tosi ad asse verticale da 2,76 MW per $H = 12,1$ m ed $n = 250$ giri/min.

Interessante è stata l'affermazione delle turbine tubolari od a bulbo, con giranti assiali del sistema Kaplan, durante l'anno 1960. Fra gli impianti di maggior rilievo vanno segnalati quelli in cascata, attuati ed in corso d'at-

tuazione in Polonia lungo il corso del fiume Vistola, che è il maggior fiume della Polonia. Essi hanno dato un notevole vantaggio economico per lo sfruttamento completo delle risorse idriche della Vistola, consentendo di crearvi

Anche in Finlandia, durante il 1960, si è avuta la prima installazione di un turbomotore tubolare od a bulbo e precisamente nell'impianto di Kamuskoski della Eng. Works Tampella. La postazione del turbomotore è con



Fig. 13. — La veduta delle giranti Francis-Riva-Jeumont dell'impianto idroelettrico di Serre Ponçon.

un economico sistema di centrali d'accumulazione a basse cadute idriche, con le quali si sono raggiunti tre obiettivi:

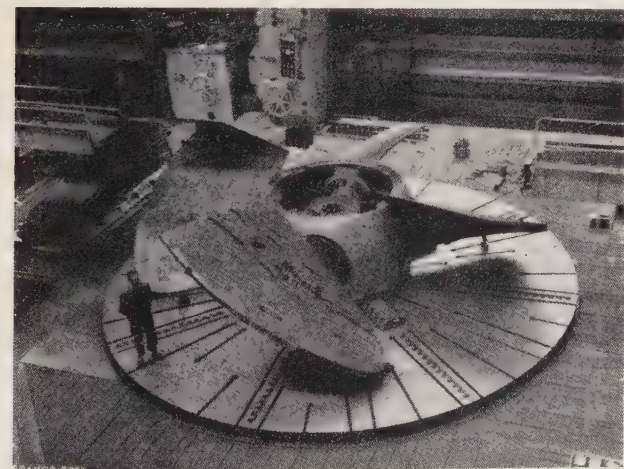


Fig. 14. — La lavorazione delle giranti Kaplan-Tosi per due turbomotori per l'impianto idroelettrico di Isola Serafini sul fiume Po.

- 1) aumento della potenza installabile;
- 2) riduzione del costo per kW installativi;
- 3) accrescimento della produzione idroelettrica, in specie di energia di punta.

La fig. 17 indica schematicamente quali riduzioni d'ingombro e, quindi, di costo sono state conseguibili adottando turbomotori tubolari anziché quelli Kaplan tradizionali ad asse verticale.

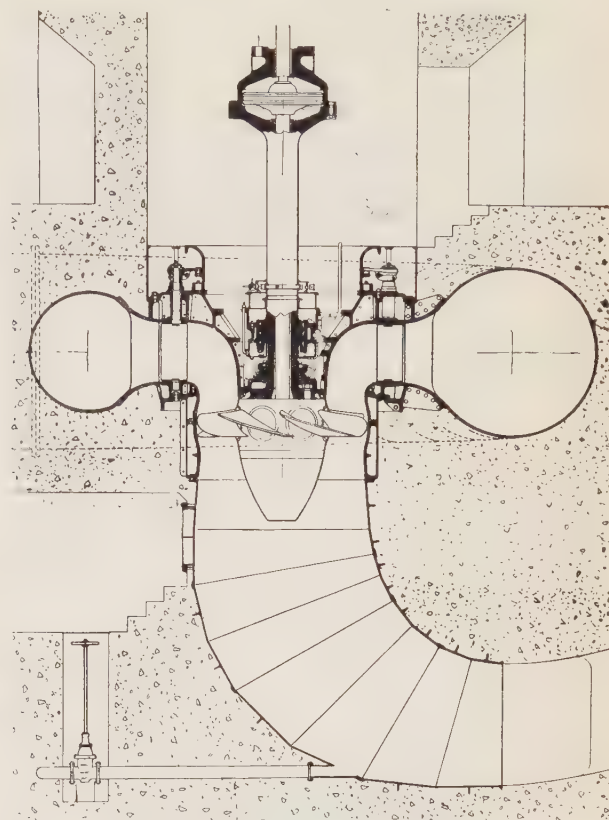


Fig. 15. — La sezione principale dei turbomotori Kaplan-Riva per l'impianto d'Isola Serafini.

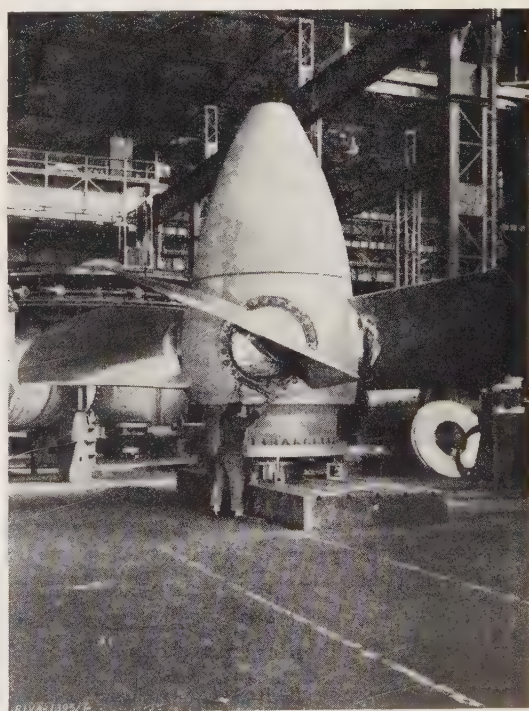


Fig. 16. — Una veduta delle giranti Kaplan-Riva per due turbomotori dell'impianto di Isola Serafini.

inclinazione di circa 45° sull'orizzontale. Sviluppa 250 kW a 250/300 giri/min, con $H = 4,6$ a $6,75$ m e $Q = 5,8$ a $6,8$ m³/s. Quest'impianto sarà seguito da uno di maggiore potenzialità per la centrale di Sukukowsk, ove sono pre-

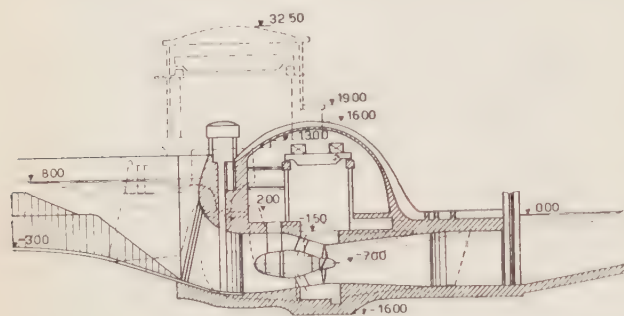


Fig. 17. — La differenza degli ingombri di installazione fra la soluzione con un gruppo Kaplan-bulbo e quella con gruppo tradizionale Kaplan ad asse verticale per gli impianti idroelettrici polacchi sulla Vistola.

visti due turbomotori tubolari da 1 MW ciascuno a 105 giri/min, per $H = 3,4$ m e con giranti del diametro di 2,80 m.

Per quanto attiene ai complessi di regolazione dei tur-

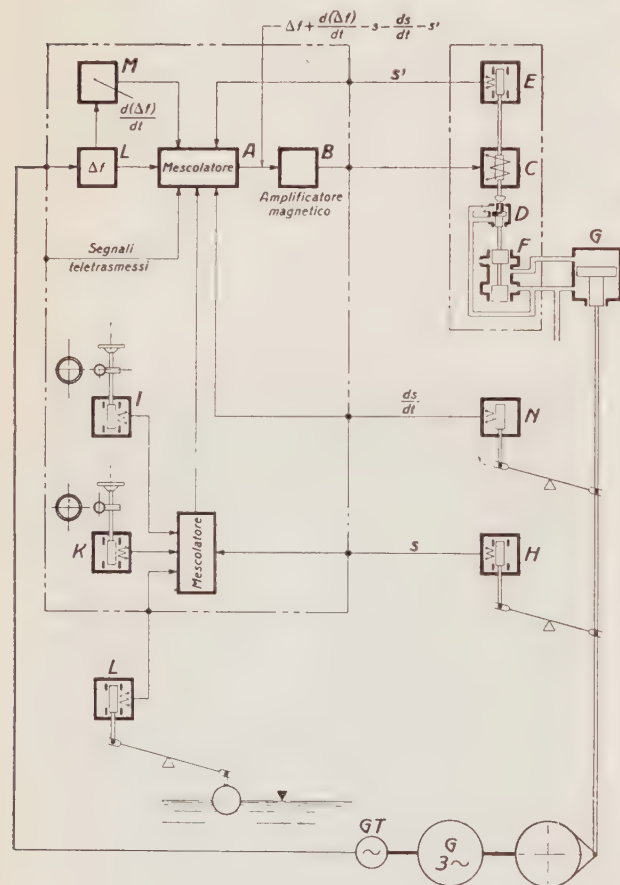


Fig. 18. — Lo schema generale del regolatore elettromagnetico Riva E.M. 58.

bomotori idraulici, durante l'anno 1960, è aumentata considerevolmente l'affermazione dei sistemi elettromagnetici, sia in Italia e sia all'estero. In particolare il regolatore elettromagnetico, sistema Riva-Wisocki, siglato EM-58, presentato nel 1958 in occasione delle V^e giornate della *Société Hydrotechnique de France* ad Aix en Pro-

vence, ed illustrato schematicamente nella fig. 18 (ripredotta da fig. 1 della monografia dell'ing. Waclaw Wysocki, pubblicata su questa rivista, n. 4, vol. XLVI, 1959) ha consentito la risoluzione felice di alcuni problemi di regolazione frequenza-potenza, di scambio d'energia fra reti elettriche interconnesse e per il comando simultaneo di più turbogruppi distanti.

È risaputa la difficoltà d'attuazione, in complessi di regolazione meccanici, di grandezze di regolazione (pressioni, livelli idrici, velocità di flusso delle correnti d'acqua) che non siano quelle tradizionali della velocità di rotazione e dell'accelerazione angolare del turbogruppo. Queste difficoltà sono superabili nei regolatori elettromagnetici. Gli organi di questi regolatori sono sensibili a quattro grandezze di regolazione: frequenza-accelerazione angolare-posizione e velocità di spostamento del servomeccanismo. Essi sono facilmente automatizzabili e resi atti ai comandi a distanza, poichè l'asservimento è conseguito mediante un dispositivo elettromeccanico a nu-



Fig. 19. — L'impianto d'accumulazione idrica di Guadalami. Veduta generale.

cleo magnetico mobile e con avvolgimenti elettrici fissi. La risposta dell'equipaggio mobile ai segnali di regolazione è praticamente senza ritardo ed è esente da fenomeni di surregolazione.

Il dispositivo sensibile alla frequenza, formato da risonatori in serie, tarati, e da un circuito sensibile alla fase, collegato all'uscita, viene alimentato mediante un generatore tachimetrico in corrente alternata, coassiale con l'elettrogeneratore del gruppo turboalternatore. Mediante adeguato commutatore si può aggiustare al valore ottimale l'ampiezza del segnale tachimetrico; analogamente l'ampiezza del segnale accelerometrico, che proviene da un derivatore a resistenza e capacità e che è la prima derivata di quello tachimetrico, può venire registrato al valore ottimale mediante un commutatore, ed indipendentemente. L'asservimento avviene mediante un dispositivo elettromeccanico, che è collegato meccanicamente al servomotore e lo statismo può essere regolato a gradini sino al 7%, mediante altro commutatore.

Il limitatore d'apertura è inserito permanentemente in opposizione all'asservimento statico, tramite un diodo, ma resta inoperante finchè il servomotore è al disotto del limite d'apertura.

Questi regolatori hanno tutti i pregi della regolazione accelerotachimetrica e, quindi, tempestività d'intervento all'inizio d'una perturbazione di regime, notevole azione smorzante su eventuali oscillazioni e pendolazioni e grande stabilità di funzionamento, in una più ampia gamma di condizioni d'esercizio.

Dopo le prime applicazioni sperimentali nelle centrali idroelettriche di Soverzene della SADE e di Cimego della

Soc. Elettrica Bresciana, sono seguite quelle sul 3° gruppo Francis-Riva da 55 MW della centrale idroelettrica in caverna di Somplago della SADE ($H = 286$ m e $Q = 44$ m³/s) e su quello di pompaggio ed accumulo Francis-Riva della centrale di Guadalami della SGES, di cui alle figure 19 e 20.

Sono in allestimento complessi di regolazione di questo sistema per un turbomotore Francis da 36 MW della centrale di Montorio al Vomano della Soc. Terni, per un turbomotore Francis da 20 MW dell'impianto di Santu Miali sul fiume Flumendosa in Sardegna, per due turbomotori Pelton da 73,6 MW ciascuno dell'impianto di S.

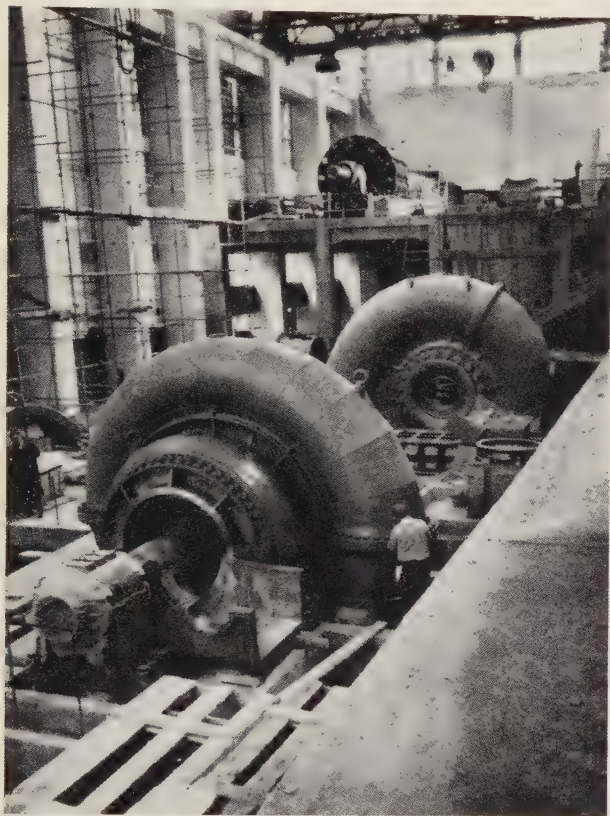


Fig. 20. — L'impianto di Guadalami. Interno Centrale (fase di montaggio di un gruppo ternario).

Giacomo del Vomano anche della Soc. Terni, per tre turbomotori Pelton (uno da 57 MW e due da 45 MW) dell'impianto dell'Avisé della SIP, in Italia, ed in Francia per sei turbomotori Pelton-Neyrpic da 80 MW ciascuno dell'impianto di Roseland, per due turbomotori Pelton da 42,5 MW dell'impianto d'Orlù, per tre turbomotori Pelton da 32 MW ciascuno dell'impianto di Hospitalet e per tre turbomotori Francis da 66 MW ciascuno dell'impianto d'Oraison e per le due turbine da 85 MW ciascuna dell'impianto di Serre Poncon, già menzionato dianzi, in Jugoslavia ed altrove.

Le possibilità, via via in regresso, di potere soddisfare le richieste energetiche crescenti con idroelettricità, esigono di prevedere centrali idroelettriche future con potenze installate relativamente più grandi, di quanto sinora si è fatto, rispetto alla loro produzione annuale; gli impianti di pompaggio e d'accumulo dovrebbero consentire l'apporto d'energia pregiata per le punte dei carichi e per le necessarie riserve. Il costo d'investimento unitario è peraltro elevato.

Comunque, l'aggiunta di gruppi di pompaggio alle centrali a serbatoio è un mezzo efficace per migliorarne le condizioni di lavoro, in quanto essa consente di colmare il deficit d'energia, che si verifica nella stagione invernale ed, inoltre, di rendere gli effetti energetici indipen-

denti dalle modifiche future inevitabili nell'economia dell'idroelettricità in Italia. Il gruppo di pompaggio può conferire, in circostanze favorevoli, ad una centrale idroelettrica le caratteristiche di funzionamento di una centrale termoelettrica per quanto attiene all'adattamento della producibilità alle esigenze delle reti elettriche. Ed il serbatoio di compensazione può consentire di rendere economici gli effetti energetici del gruppo di pompaggio.

I problemi tecnici e quelli economici degli impianti d'accumulazione idrica hanno fatto oggetto di accurate analisi, durante l'anno 1960, e di esse varie sono state esposte e discusse in occasione della Conferenza Mondiale dell'Energia tenuta a Madrid nel mese di giugno del 1960. È emerso, da un confronto dei risultati d'esercizio dei diversi impianti d'accumulazione idrica in servizio nel mondo, che l'adozione di macchine idrauliche reversibili pompe-turbine può condurre a condizioni operative ottimali soltanto se le condizioni locali dell'impianto consentano d'effettuare il pompaggio anteriormente al naturale deflusso delle acque nel serbatoio. Quest'adozione deve, mediante una riduzione dei costi d'installazione e per la quota parte delle spese d'esercizio, inerenti alla semplificazione dell'impianto, compensare il minor rendimento globale conseguibile (rendimento medio industriale) rispetto alla soluzione tradizionale con macchine distinte per pompaggio e per turbinaggio. Nelle operazioni di pompaggio le macchine reversibili, pompe-turbine, possono raggiungere i più alti rendimenti ottenibili con pompe d'elevate prestazioni idrotecniche; in quelle di turbinaggio, invece, spesso il rendimento è inferiore di quello di una corrispondente turbina idraulica, progettata come tale, a causa del più basso valore per il numero caratteristico di macchina.

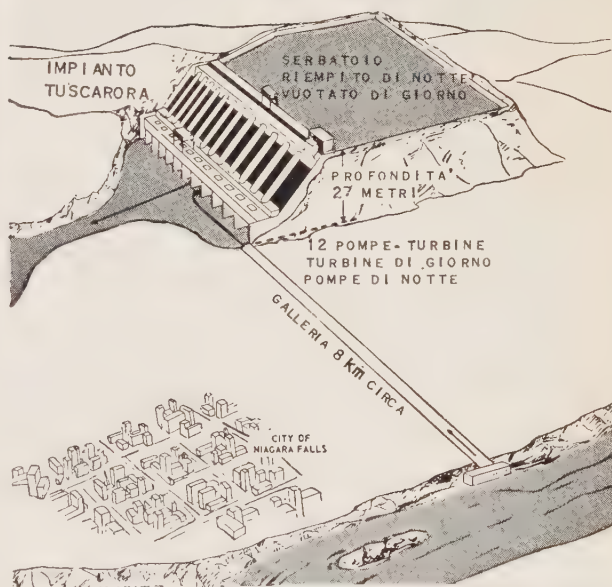


Fig. 21. — L'impianto di Tuscarora sul Niagara con 12 pompe-turbine Allis-Chalmers.

Nel mentre negli USA si viene attuando il più grande impianto d'accumulazione idrica del mondo, a Tuscarora nello Stato di New York, sul Niagara, con 12 pompe-turbine di costruzione Allis Chalmers ossia con macchine reversibili, sia idrauliche, sia elettriche, ruotanti con lo stesso numero di giri nei due sensi, e che di giorno opereranno come turbomotori, sotto una caduta idrica di 23 m, sviluppando (fig. 21) 20,7 MW per macchina, e di notte come pompe, pompando, con prevalenza di circa 26 m, una portata di 96 m³/s ed assorbendo una potenza di 28 MW con $\cos \varphi = 1$ per macchina (fig. 22), in Eu-

ropa si continua a dare la preferenza alla soluzione tradizionale con due distinte macchine per gli impianti in questione. A Guadalami, in Sicilia, durante l'anno 1960, è entrato in servizio un primo gruppo e nei primi mesi



Fig. 22. — La voluta-spirale di una delle 12 pompe-turbine dell'impianto nordamericano di Tuscarora.
(Diametro massimo = 5,2 metri).

del 1961 vi entrerà in funzione anche il secondo, entrambi di costruzione Riva, la quale ha, anche, in allestimento, il macchinario per l'impianto d'accumulazione idrica norvegese di Herva, con gruppo ternario: turbina (per $H = 305$ m; $Q = 15$ m³/s e $P = 32,4$ MW) pompa (per $H = 277$ m; $Q = 11,4$ m³/s e $P_A = 30,625$ MW) macchina elettrica, valvola rotativa e valvola di ritegno.

A Guadalami entreranno in funzione due gruppi ter-

nari da 30 MW ciascuno per l'accumulazione idrica ed un gruppo d'integrazione da 20 MW per sola produzione. Nelle ore notturne verrà effettuato il ripompaggio d'acqua al bacino di carico. Le altezze idriche geodetiche vi variano da 182 a 160 m circa; le portate elaborate dai turbomotori raggiungono un valore massimo di 23 m³/s; quelle pompate dalle pompe di 13,6 m³/s per macchina. Il collegamento meccanico fra generatore-motore-pompa è ottenuto con un giunto semielastico, innestabile a gruppo fermo. La frenatura rapida dei gruppi ternari è ottenuta mediante una turbinetta Pelton, che arresta le macchine in tempi non superiori a 5 minuti.

Le condizioni nominali di funzionamento sono le seguenti: per turbomotori: $H = 166$ m; $Q = 21,3$ m³/s; $n = 428,6$ giri/min; $P = 31,3$ MW e per le pompe: $H = 173$ m; $Q = 13$ m³/s; $n = 428,6$ giri/min; $P_A = 24,7$ MW. Il rendimento globale $\eta_T \cdot \eta_P = 0,902 \cdot 0,894 = 0,806$. La dislocazione dei gruppi è ad asse orizzontale. Le volute spirali delle pompe e quelle delle turbine dei gruppi ternari pesano ciascuna 24 t, le giranti dei turbomotori, ciascuna 4 t, quelle delle pompe 2,5 e 3,6 t (sono giranti in leghe speciali di bronzo). Il supporto portante e di spinta è in grado di sopportare un carico assiale di 90 t ed è caricato verticalmente per circa 75 t.

La porzione pilota del sistema di regolazione è data da un regolatore elettromagnetico Riva EM-58, il quale controlla direttamente il circuito oleodinamico del complesso monoblocco di regolazione, che ha un doppio sistema di stabilizzazione. Il variagiri, durante il funzionamento in parallelo con regolazione statica, agisce da programmatore della potenza resa, indipendentemente dal valore dello statismo.

Manoscritto pervenuto il 22-2-1961.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Costruzione delle caratteristiche esterne di una dinamo con eccitazione in parallelo

Sono noti numerosi metodi, tutti più o meno complicati, per costruire la caratteristica esterna di una dinamo con eccitazione in parallelo, funzionante a velocità di rotazione costante, quando siano assegnate la caratteristica di eccitazione, la resistenza R del circuito di eccitazione e la resistenza r del circuito indotto. Ma esiste anche un metodo estremamente semplice, che rende, fra l'altro, immediatamente visibile la forma della caratteristica, come nel caso della dinamo con eccitazione in serie. Questo metodo non mi risulta sia noto, nè usato, mentre ritengo sia didatticamente efficace per la sua semplicità e perciò sia degno di essere divulgato.

Esso si basa sulla osservazione banale che la corrente di eccitazione I_e è legata alla tensione ai morsetti V dalla semplice relazione

$$(I) \quad I_e = V/R_e$$

per cui la caratteristica di eccitazione $E = E(I_e)$ può essere tracciata, con un semplice cambiamento di scala sull'asse delle ascisse, in funzione di V invece che di I_e . Poichè la corrente di indotto I_i vale;

$$(2) \quad I_i = \frac{E - V}{r}$$

e la corrente erogata I risulta;

$$(3) \quad I = I_i - I_e,$$

si ha allora immediatamente:

$$(4) \quad I = \frac{I}{r} \left[E - \left(1 + \frac{r}{R} \right) V \right],$$

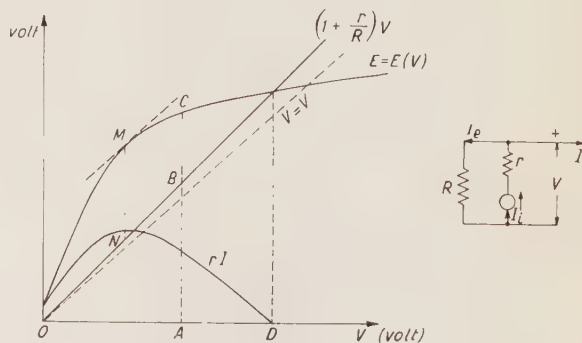


Fig. 1. — Costruzione della caratteristica esterna di una dinamo con eccitazione in parallelo.

$OA = V$; $AC = E$; $AB = (1 + r/R) V$; $BC = r I$;
 $OD =$ tensione a vuoto; $MN =$ massimo valore di $r I$.

in cui, essendo la forza elettromotrice E già rappresentata come funzione di V , risulta la corrente I espressa come funzione della stessa V .

La relazione (4) è rappresentata nella fig. 1, in cui si suppone che sui due assi sia usata la stessa scala.

R. Sartori

NOTE DI LABORATORIO

Impiego degli elettrometri tascabili per la costruzione di camere di ionizzazione

G. Agelao (*)

La parte fondamentale nei dosimetri tascabili in uso presso le installazioni con forti radioattività — le cosiddette « penne stilografiche » — è un elettrometro, che ha come caratteristica principale l'alto isolamento.

Altri pregi sono: linearità della scala, facilità di carica e di uso, piccole dimensioni.

Si è pensato perciò — suggerimento del prof. A. Sclerio — di adoperarli per costruire apparecchi di misura per laboratorio.

Ricordiamo brevemente che nei dosimetri di cui si tratta, l'elettrometro ha forma cilindrica. L'elettrodo centrale (fig. 1 schematica) è un grosso filo metallico CD , che termina a uncino e ai cui estremi è fissato un sottilissimo filo di quarzo f metallizzato.

Se si porta l'elettrodo ad un certo potenziale, il filo di quarzo si flette e la parte centrale si allontana dal sostegno metallico a uncino; è possibile osservarne lo spostamento su di una scala graduata, mediante il piccolo microscopio incorporato. Il collegamento dell'elettrodo con

(*) Reparto di Fisica Nucleare Applicata dell'Istituto di Fisica tecnica Università di Palermo - Facoltà d'Ingegneria.

l'esterno non è permanente; si fa mediante un pulsantino metallico AB , con molla a membrana M altamente isolante, e trasparente.

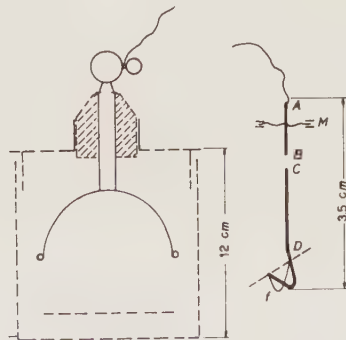


Fig. 1.

Nell'uso come dosimetro, l'elettrometro si carica spingendo il pulsantino e comunicando un certo potenziale. Liberando il pulsantino l'elettrometro resta carico, ma se la microcamera in cui esso è alloggiato viene esposta a radiazioni ionizzanti, la ionizzazione prodotta fa scaricare

lentamente l'elettrometro. Si può così determinare la « dose » e la scala è tarata appunto in röntgen o sotto-multipli.

L'isolamento è tale che l'elettrodo, in assenza di radiazioni, può rimanere carico per mesi.

Nell'uso come elettrometro, il pulsante si terrà premuto (*B* a contatto con *C*, fig. 1) e la scala dovrà essere tarata in volt.

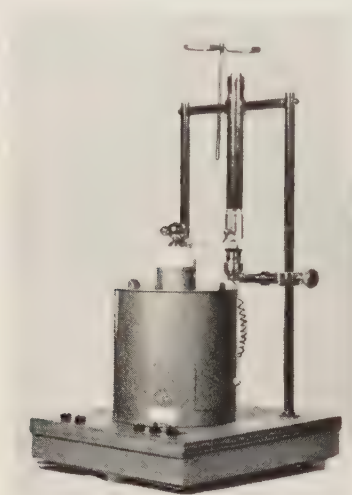


Fig. 2.

La taratura è facile, data la linearità, fig. 4. Verrà qui mostrato come, ricorrendo ai dosimetri di cui sopra, si possano costruire facilmente camere di ionizzazione per raggi α , vedi figg. 2 e 3.

L'insieme formato di tre parti, è schematizzato in fig. 1:

- elettrometro (dosimetro);
- camera di ionizzazione, in ottone con elettrodo centrale a forma di campana, e cilindro esterno che va messo a terra;



Fig. 3.

— lampada per illuminare la scala e il filo di quarzo dell'elettrometro, vedi fig. 2.

Per l'isolamento fra gli elettrodi della camera di ionizzazione, basta la classica dielettrina (paraffina con zolfo).

Invece, per l'isolamento dell'elettrodo centrale del dosimetro si è adoperato plexiglas. Questo rimane esposto all'aria (polvere), e occorre pulirlo da un giorno all'altro, per evitare correnti superficiali.

In queste condizioni la dispersione naturale è piccola:

correnti di fuga dell'ordine di 10^{-14} A, che si possono anche trascurare quando si lavora con correnti di ionizzazione dell'ordine di 10^{-12} A.

Il sistema, camera di ionizzazione più dosimetro in parallelo, ha in cifre tonde una capacità verso terra di appena 16 pF.

Per l'illuminazione della scala si è messa una lampadina alimentata preferibilmente da una piletta sottostante al basamento: è predisposto pure un trasformatore per l'attacco alla rete, ma qualche volta dà luogo a lievi vibrazioni nel filo di quarzo.

La camera è fornita di una porta-preparato che comunica con l'esterno per mezzo di uno sportellino. Tutto l'apparecchio ⁽¹⁾ pesa kg 2,2, è di semplice uso e si può caricare facilmente in diversi modi.

ESEMPIO D'IMPIEGO.

Taratura preliminare (da eseguirsi una volta sola) vedi fig. 4.

Capacità $C = 15,85 \cdot 10^{-12}$ F.

Pianerottolo della camera di ionizzazione da 180 a 200 V.

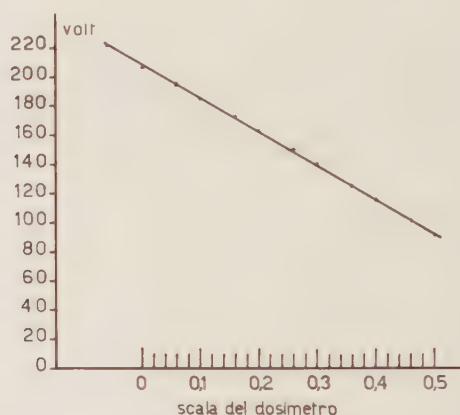


Fig. 4.

Dosimetro adoperato CINTEL.

Caricato l'apparecchio a $V_1 = 189$ V, senza sorgente radioattiva, il potenziale si è abbassato a $V_2 = 184$ V dopo un'ora ($t_0 = 3600$ s).

Corrente di fuga, o fondo:

$$i_1 = C \frac{V_1 - V_2}{t_0} = 2,5 \cdot 10^{-16} \text{ A.}$$

Caricato nuovamente l'apparecchio, dopo d'aver introdotto pochi mg di un preparato radioattivo (polvere di $U_3 O_8$), e lavorando sempre dentro il pianerottolo, si è avuta una corrente di saturazione:

$$i_2 = 1,05 \cdot 15^{-12} \text{ A.}$$

Da qui, con $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb, si ha il numero di coppie di ioni prodotto dal preparato e raccolto dagli elettrodi della camera di ionizzazione:

$$N = \frac{i_2 - i_1}{e} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ coppie/secondo.}$$

Quindi si può calcolare facilmente l'attività specifica del preparato α emittente.

⁽¹⁾ Costruito dal tecnico dell'Istituto di Fisica tecnica, S. Punzo.

Riassunti dei contributi originali che compaiono nel n. 6 - XXIX (dicembre 1960) di "Alta Frequenza"

N. CARRARA - P. F. CHECCACCI - A. CONSORTINI - L. RONCHI: *Densità volumetrica di echi radio da tracce meteoriche in ricezione radar.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 615 a 638, con 9 fig.).

Si valuta la densità volumetrica di echi radio, dovuti a tracce meteoriche, tenendo conto non solamente dell'orientazione delle tracce, ma anche del processo di evaporazione e delle caratteristiche del sistema trasmettitore-ricevitore.

N. CARRARA - P. F. CHECCACCI - L. RONCHI - G. P. TASSINARIO: *Densità volumetrica dei punti di riflessione delle tracce meteoriche nei collegamenti a distanza.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 639 a 652, con 10 fig.).

Come primo passo verso la determinazione della densità volumetrica degli echi radio da tracce meteoriche nei collegamenti obliqui, si valuta la densità di volume dei punti di riflessione di esse. Il metodo usato differisce sostanzialmente da quelli descritti nella letteratura.

L. CAPRIOLI - L. RONCHI - A. M. SCHEGGI - G. TORALDO DI FRANCA: *Metodo per la sintesi di diagrammi di radiazione al finito.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 653 a 666, con 6 fig.).

Le sintesi, che di un assegnato diagramma di radiazione al finito possono esprimersi mediante serie od integrali (di Fourier) di onde piane ed evanescenti, o mediante sviluppi di funzioni sferiche (secondo che, rispettivamente, la superficie lungo l'assegnato diagramma sia piana o sferica), sono notoriamente di uso assai poco proficuo in pratica, non appena le dimensioni lineari dell'apertura irradiante superano come ordine di grandezza la lunghezza d'onda.

Si espone un procedimento semiempirico, con il quale la sintesi di un assegnato diagramma di radiazione al finito viene approssimata mediante un numero finito di onde sferiche. In tale procedimento si utilizzano, salvo un diverso criterio di approssimazione, i risultati conseguiti da E. Lommel nel suo classico lavoro sulla diffrazione. Si ottengono così risultati di ottima approssimazione senza richiedere sensibili limitazioni circa le dimensioni dell'apertura. La validità di tali risultati è soltanto subordinata all'ipotesi che la distanza della superficie luogo dell'assegnato diagramma di radiazione non superi il quadrato del diametro dell'apertura diviso per la lunghezza d'onda.

G. TAMBURELLI: *Amplificatori con impedenza negativa a quadripolo su circuiti pupinizzati.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 667 a 692, con 14 fig.).

Viene determinato il massimo guadagno degli amplificatori con impedenza negativa a quadripolo, compatibile con la condizione di stabilità con chiusura su qualunque impedenza di parte reale positiva. Si valutano altresì le riflessioni introdotte e si usano i risultati ottenuti come criterio base per la suddivisione dei campi di applicazione tra i vari amplificatori a due fili. Infine vengono esaminate le reti di egualizzazione più adatte e determinati i necessari margini di stabilità.

A. ZANINI: *Oscillatore con resistenze e capacità a doppio ponte con fase variabile.* (« Alta Frequenza », dicembre XXIX, 6, pag. 693 a 707, con 9 fig.).

Si esaminano le caratteristiche di una rete di resistenze e capacità costituita da otto elementi disposti secondo un doppio ponte. Si mostra come essa fornisca, per una determinata frequenza, una tensione di uscita in controfase rispetto a quella applicata all'ingresso. S'indica uno speciale proporzionamento della rete, che consente di ottenere due tensioni di uscita le quali, pur variando di frequenza entro limiti sufficientemente ampi, mantengono costantemente una relazione di fase di $\pi/2$ e di π con quella presente all'ingresso. Si descrive infine una particolare applicazione della rete stessa e si riportano i risultati ottenuti con un circuito sperimentale.

E. ANGELOTTI: *Formatore di segnali di tempo campione.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 708 a 718, con 2 fig.).

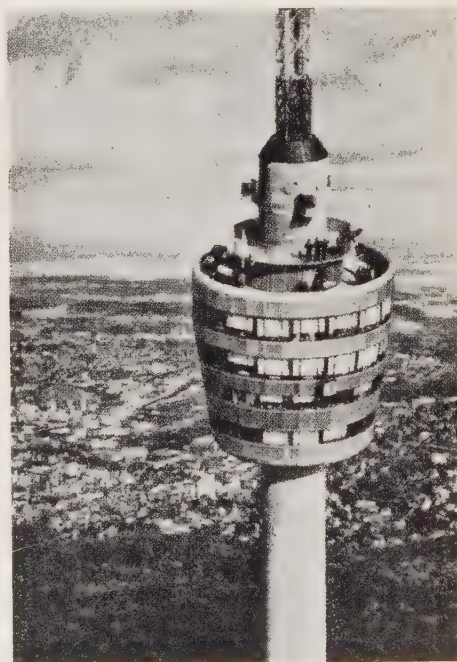
Si descrive un'apparecchiatura atta a produrre segnali di tempo campione di forma e durata rispondenti alla raccomandazione del C.C.I.R.: con la cadenza di uno al secondo, ciascuno preceduto da un impulso che permette a chi lo riceve di meglio identificarne l'inizio e la provenienza; la stabilità risulta superiore ad un decimo di microsecondo e non dipende da organi meccanici in movimento. L'apparecchio, attuato in forma sperimentale presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale, è stato usato durante esperienze effettuate in occasione dell'eclissi solare del 1° ottobre 1959.

G. RONCALLI: *Comparatore di segnali di tempo.* (« Alta Frequenza », dicembre 1960, XXIX, 6, pag. 718 a 729, con 7 fig.).

L'apparecchio serve per il confronto oscillografico dei segnali di tempo, con selezione dell'istante d'inizio della deflessione orizzontale di un oscillografo. Spiegato il principio di funzionamento, si descrivono i tubi contatori decadici adoperati ed i circuiti ad essi connessi. Si forniscono dati sulla prestazione dello strumento, sulla precisione dei risultati e sull'attuazione pratica.

* *

Singolari torri per trasmissioni televisive. — La fig. 1 rappresenta la parte superiore della torre per trasmissioni televisive di Stoccarda. Essa misura alla base un diametro di circa 11 m ed è alta 212 m. La torre porta superiormente un corpo di fabbrica a più piani che ospita, oltre alle apparecchiature trasmettenti e locali destinati ai tecnici, anche due ristoranti aperti al pubblico e gallerie panoramiche. Nell'interno della torre corrono ascensori veloci di servizio. La piattaforma panoramica superiore si trova a una altezza di circa 160 m.



Si annuncia che una torre analoga con una piattaforma panoramica a 140 m di altezza, sarà costruita prossimamente a Londra.

✱ ✱

E' iniziata l'installazione del primo generatore nella costruendo centrale elettrica del Niagara. — La Westinghouse Electric Corporation ha iniziato la fase di montaggio del primo dei 13 generatori per il costruendo impianto idroelettrico del Niagara, il cui costo totale si aggirerà sui 720 milioni di dollari.

La centrale viene costruita per conto del Comitato per l'Energia Elettrica dello Stato di New York.

I generatori a 120 giri/min, 13,8 kV, hanno una potenza nominale di 150 000 kW ciascuno e sono i più potenti finora costruiti negli Stati Uniti.

Ogni generatore ha un peso di 1 115 t. La potenza nominale totale dei 13 generatori sarà di 1 950 000 kW.

La centrale del Niagara, con l'aggiunta dei 240 000 kW prodotti dall'impianto di generazione a pompaggio del vicino lago artificiale, avrà una potenza totale installata di 2 190 000 kW.

Sarà in grado, pertanto, di superare in potenza la centrale del Grand Coulee, coi suoi 1 974 000 kW, che attualmente è il più grande impianto idroelettrico del mondo occidentale.

Ciascun generatore ha un diametro di 12,192 m. L'albero del rotore pesa 50 t e ha un diametro di 127 cm.

La tensione di generazione di 13 800 V sarà portata da trasformatori a 115 000-230 000 o 340 000 V, a seconda delle esigenze di trasmissione.

La centrale di generazione Niagara è situata 4,8 km a valle delle cascate del Niagara. È stata costruita nella roccia del Niagara Gorge, da cui sono stati scavati oltre 6 milioni di metri cubi di materiali, principalmente roccia.

I generatori sono in fase di montaggio in una sala di montaggio adiacente alle fosse dei generatori. Una gru mobile da 630 t provvede allo spostamento dei pezzi.

La centrale è lunga circa 760 m. L'altezza della centrale dal punto più basso delle fondamenta al piano di entrata è di 118,5 m.

L'acqua per la centrale viene derivata circa 4 km a monte delle cascate. Quindi percorre circa 6,5 km in due tunnel sotterranei di calcestruzzo e si getta in un canale aperto che conduce alla centrale di generazione Niagara.

L'acqua entra in 13 condotte forzate del diametro di 7,3 m che si prolungano per 140,8 m sino alla centrale. Il salto utilizzato è in media di 93 m.

Un trattato tra gli Stati Uniti ed il Canada limita il quantitativo di acqua del fiume Niagara che può essere utilizzato per produrre energia e garantisce un flusso di acqua alle cascate di almeno $2\,831\text{ m}^3/\text{s}$ durante le ore diurne della stagione turistica, sufficiente a mantenere intatta la bellezza naturale delle cascate.

A circa 8 km dalla centrale Niagara si trova la centrale Adams n. 1 della Niagara Mohawk Power Corporation dove 65 anni fa la Westinghouse installò i primi generatori a ruota idraulica di grosse dimensioni usati negli Stati Uniti. Questi generatori, della potenza nominale di 5 000 kW, sono tutt'ora in uso.

✱ ✱

Nuovi collegamenti Italcable. — Sono trascorsi 35 anni da quando il cavo telegrafico sottomarino della Società portò il primo messaggio augurale della Madre Patria ai nostri connazionali di Montevideo.

Quasi a celebrare quel remoto avvenimento la Italcable ha inaugurato in data 9 dicembre 1960 un circuito radiotelegrafico Roma-Montevideo che ha ulteriormente potenziato le comunicazioni telegrafiche fra i due popoli.

Infatti questo circuito radiotelegrafico, il cui terminale di Montevideo è gestito dall'Amministrazione delle Poste e Telecomunicazioni uruguayane con impianti moderni (in buona parte forniti dalla Società), potrà essere in seguito ulteriormente potenziato onde consentire la realizzazione del servizio « telex intercontinentale » tra l'Italia e l'Uruguay, permettendo così alla consorella latina di collegarsi alla rete telex europea.

A pochi giorni di distanza dall'attivazione del circuito radiotelegrafico Roma-Montevideo è stato inaugurato, in data 20 gennaio, il collegamento radiotelefonico Roma-Beyrouth. (Da « *Via Italcable* », anno VIII, n. 1, gennaio-febbraio 1961).

La diga della Valle di Lei della Kraftwerke Hinterrhein A. G.

Il 4 ottobre scorso, con la cerimonia della posa dell'ultima benna di calcestruzzo, hanno avuto termine i getti per la co-

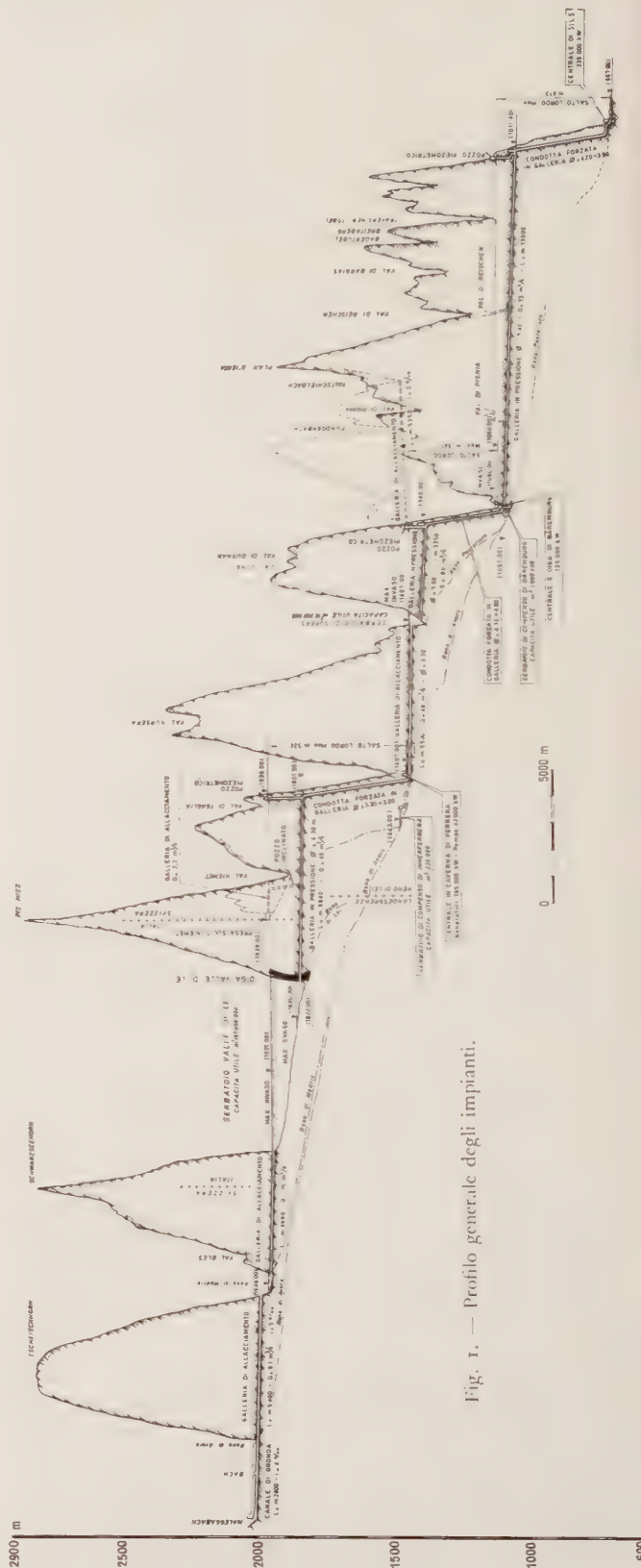


Fig. 1. — Profilo generale degli impianti.

struzione della diga della Valle di Lei, al confine italo-svizzero. La diga crea il serbatoio di testa di un sistema idroelettrico che la Kraftwerke Hinterrhein A. G., Società formata

da Enti svizzeri e, per parte italiana, dal Gruppo Edison, sta attualmente realizzando nel Cantone dei Grigioni (Svizzera) per l'utilizzazione delle risorse idrauliche del bacino del Reno Posteriore.

Nella nota che segue sono riportati alcuni brevi cenni descrittivi dello sbarramento e delle opere annesse, la cui progettazione e direzione dei lavori sono state affidate alla Dire-

batoio della Valle di Lei dei deflussi non direttamente convogliabili nel serbatoio medesimo); la seconda sarà regolata dal serbatoio di Sufers (18 milioni di m³) e sarà dotata di quattro gruppi generatori della potenza complessiva di 225 000 kW, la terza centrale utilizzerà, con 4 gruppi per complessivi 235 000 kW, le acque regolate da un serbatoio giornaliero della capacità di 1 milione di m³.

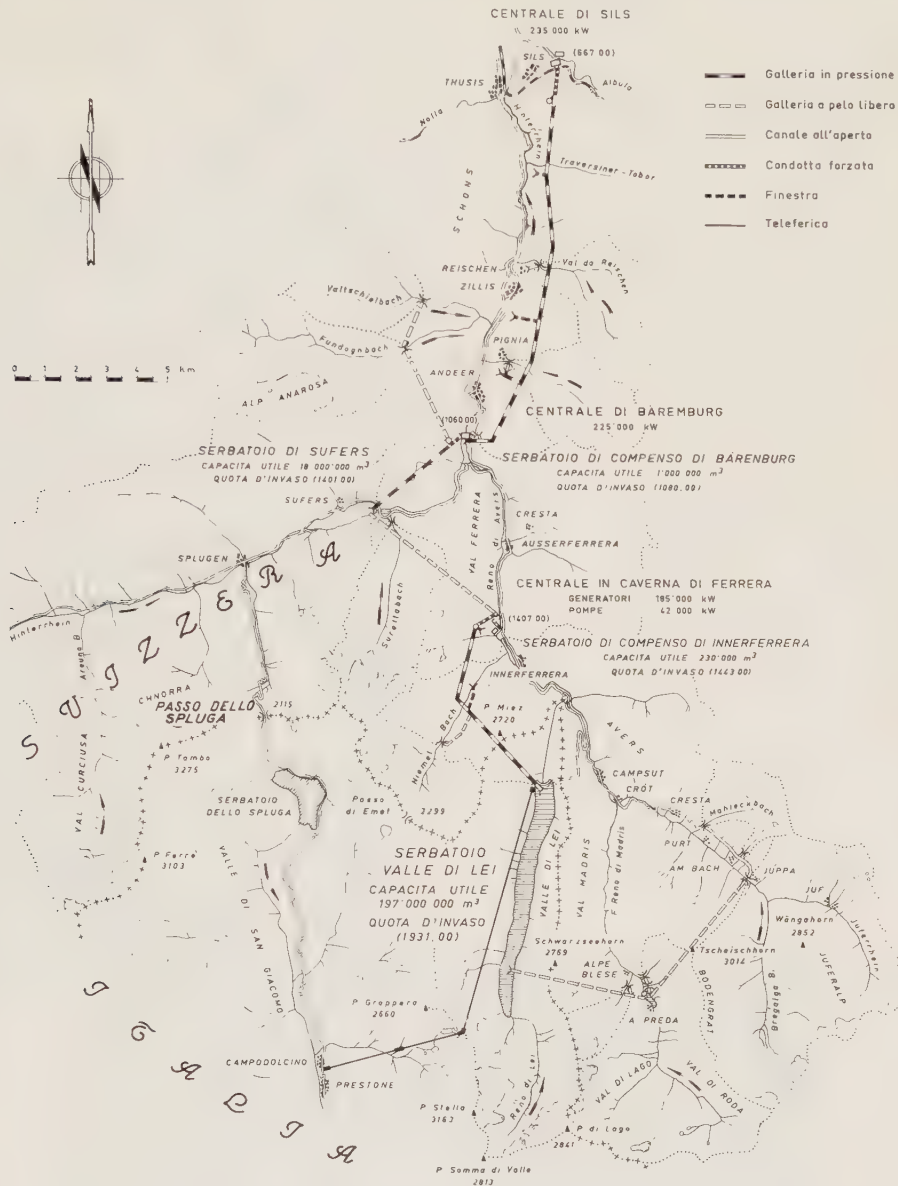


Fig. 2. — Planimetria degli impianti.

zione Costruzione Impianti Idroelettrici, della Società Edison, sotto la guida del dr. ing. Claudio Marcello e la cui costruzione è interamente dovuta ad imprese e maestranze italiane.

Come già si è accennato, la diga della Valle di Lei è destinata a formare un grande serbatoio per la regolazione stagionale dell'energia producibile in un sistema idroelettrico internazionale italo-svizzero costituito da tre impianti in serie, utilizzanti su un salto complessivo di 1 270 m i deflussi del Reno Posteriore e dei suoi affluenti.

Il bacino imbrifero utilizzato, della superficie complessiva di circa 535 km², si estende in territorio elvetico con l'eccezione, però, della Valle di Lei politicamente appartenente all'Italia; il serbatoio formato dalla diga ora ultimata ricade perciò completamente in territorio italiano. Sono invece ubicate in Svizzera gran parte delle opere di derivazione e le tre centrali, situate rispettivamente a Ferrera, Baermburg e Sils; la prima avrà una potenza installata di 185 000 kW nei generatori e di 42 000 kW in pompe (per l'accumulo nel ser-

La producibilità media annua complessiva dell'intero sistema sarà di 1 325 milioni di kWh dei quali 750 milioni di kWh invernali (la quota di competenza del Gruppo Edison è pari al 20 % del totale).

Il serbatoio della Valle di Lei è alimentato da un bacino imbrifero complessivo di 220,2 km² dei quali 46,5 km² direttamente sottesi, 90,5 km² allacciati con canali e gallerie di gronda e 83,2 km² allacciati mediante pompaggio. Il serbatoio si estende in direzione nord-sud per circa 8 km ed ha una capacità utile di invaso di 197 milioni di m³ con livello di massimo invaso a quota 1 931 e livello di minimo invaso a quota 1 830 sul mare.

Lo sbarramento è realizzato mediante una diga in calcestruzzo, del tipo ad arco-gravità a doppia curvatura con archi orizzontali ad andamento parabolico ed a spessore costante. La volta è pressoché simmetrica e per la quasi totalità del suo sviluppo perimetrale si imposta direttamente su banchi

di paragneiss e micascisti; soltanto in sponda sinistra ove la roccia si affonda sotto una più spessa coltre di depositi morrenici e di detriti di falda, gli archi prossimi al coronamento

la più ampia del tipo ad arco sinora costruita nel mondo. Il calcestruzzo è stato confezionato con inerti estratti da una cava in sponda destra della valle e con cemento « Pozzo-



Fig. 3. - Planimetria generale della diga.

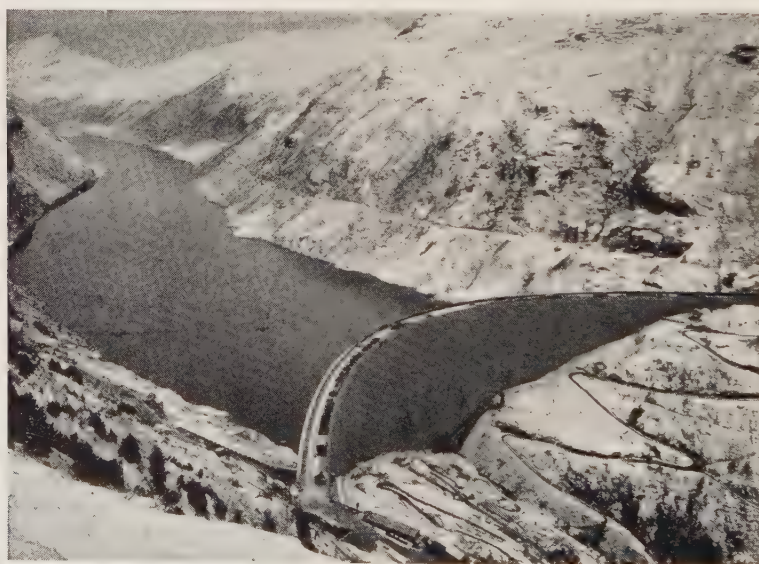


Fig. 4. — Diga e serbatoio visti da valle.

si impostano su una spalla a gravità. Una serie di iniezioni cementizie per l'impermeabilizzazione ed il consolidamento è stata praticata nella roccia di fondazione allo scopo di migliorarne ed omogeneizzarne le caratteristiche.

Per le sue dimensioni, la diga della Valle di Lei risulta

lanico Mare 550 » ed è stato distribuito in opera mediante silobus, derrick e blondins; i getti eseguiti per conci separati da giunti radiali distanti fra loro circa 12 m, sono stati raffreddati artificialmente mediante serpentine a circolazione di acqua.

Le caratteristiche geometriche principali della diga sono :

- quota di coronamento : 1 932 m s.l.m.;
- altezza massima sul punto più depresso delle fondazioni : 143 m;
- spessore minimo (al coronamento) : 15 m;
- spessore massimo (alla base) : 28,10 m;
- sviluppo del coronamento : 690 m;
- corda al coronamento : 538 m;
- freccia del coronamento : 178 m;
- strapiombo massimo della superficie di estradosso : 26,30 metri;
- volume della diga : 862 000 m³.



Fig. 5. — La diga in fase di ultimazione vista dalla stazione di arrivo della funivia.

Il serbatoio è dotato di tre scarichi, rispettivamente di superficie, di alleggerimento e di fondo. Lo scarico di superficie è ubicato in sponda destra ed è costituito da una soglia sfiorante a quota 1 931, lunga 72 m suddivisa in 24 luci; gli scarichi di alleggerimento e di fondo sono ricavati ambedue in sponda sinistra, in galleria, hanno soglie di imbocco a quota 1 860 ed a quota 1 801,45 e sono intercettati da paratoie piane, due in serie per ogni scarico, manovrabili con servomotore oleodinamico a telecomando elettrico per comando a distanza. Gli scarichi di superficie, di alleggerimento e di fondo possono smaltire rispettivamente una portata massima di 134-241 e 123 m³/s.

L'opera di presa è ubicata in sponda sinistra con soglia a quota 1 821,88; l'imbocco è protetto da griglie e si raccorda con la galleria di derivazione mediante un tronco di galleria lungo 26,5 m, a sezione gradualmente variabile.

La galleria di derivazione in pressione è a sezione circolare del diametro di 4,30 m, ha una lunghezza complessiva di 6 840 m, di cui 2 200 m in territorio italiano, ed è dimensionata per una portata massima di 45 m³/s; essa è intercettata, alla progressiva di 197 m dall'imbocco, da una paratoia piana manovrabile, come quelle degli scarichi, mediante servomotore oleodinamico e telecomando elettrico da una apposita centrale oleodinamica ricavata in caverna, in sponda sinistra.

La costruzione della diga è stata ultimata in un periodo relativamente breve : nel 1957 sono stati iniziati i lavori per la costruzione degli impianti di cantiere, delle vie d'accesso e quelli inerenti gli scavi delle fondazioni; il 20 agosto 1958 ebbero inizio i getti di calcestruzzo, completati — come già si disse — il 4 ottobre 1960. In totale, per il getto degli 862 000 m³ di calcestruzzo, furono impiegate 355 giornate lavorative. Tale risultato fu conseguito grazie ai moderni impianti di cantiere che consentirono produzioni che raggiunsero massimi dell'ordine di 5 000 m³ al giorno e di 100 000 m³ mensili.

Per il trasporto del cemento e degli altri materiali occorrenti per i lavori è stata costruita una teleferica a movimento continuo, avente una capacità di trasporto di 50 t/h. Essa si sviluppa per una lunghezza di 15 km dalla stazione di partenza a Campodolcino (1 080 m s.l.m.) sino al cantiere, attraverso il passo di Angeloga (2 400 m s.l.m.).

Inoltre, siccome l'unica strada di accesso alla Valle di Lei proviene dalla Svizzera, è stata costruita, parallelamente alla teleferica, anche una funivia per il trasporto delle persone, la quale rappresenta l'unico mezzo di comunicazione diretto della valle con l'Italia.

* *

Centrali di grande potenza in costruzione nell'URSS. —

Nel centro del complesso per l'arricchimento dei minerali di Krivoi Rog (Ucraina) è in costruzione una centrale superpotente a combustibile solido. Oltre a tre turbogeneratori da 300 000 kW, vi si installerà un blocco notevolmente più potente, comprendente una caldaia a vapore con una produzione di 2 400 t/h di vapore, una turbina a due alberi da 800 000 kW e due turbogeneratori. Come combustibile si impiegheranno i carboni magri del Donets. Nella costruzione saranno largamente impiegate parti prefabbricate di cemento armato e nuovi materiali leggeri.

Molto economica sarà la centrale di Taskent, nell'Uzbekistan. La potenza complessiva progettata è di 1 200 000 kW in 4 blocchi di 150 000 kW ciascuno. Questa centrale sarà di tipo all'aperto e impiegherà come combustibile l'economico gas di Bucharà. Il costo della costruzione per kW di potenza sarà di circa 40 rubli e il costo di un kWh di energia elettrica prodotta, 0,12 copechi, cioè inferiore ai costi delle centrali idroelettriche oggi in esercizio.

Nella centrale idroelettrica di Krasni Iar, oggi in costruzione sul fiume siberiano Jenissei, sarà installata una turbina di 508 000 kW.

(Sovinformbureau).

* *

Impianti nucleari in Brasile. — Verso la fine del 1965, o al più tardi entro i primi mesi del 1966, San Paulo del Brasile e Rio de Janeiro, nonché la grande fascia costiera compresa fra le due metropoli, avranno energia elettrica di origine nucleare.

Per la costruzione del primo impianto elettronucleare i tecnici della Commissione Nazionale per l'Energia Atomica hanno scelto una località situata alle foci del fiume Mambucaba, nella baia di Ilha Grande, quasi a metà strada fra Rio de Janeiro e San Paulo.

Il vasto programma nucleare del Brasile fu lanciato nel 1956.

Un primo importante traguardo raggiunto, fu quello della produzione di un quantitativo aggirantesi intorno ai 250 kg mensili di uranio nuclearmente puro. Ciò consentì di progettare un impianto pilota il quale, verso la metà dell'anno in corso, porterà la produzione di uranio puro al quantitativo di 10 quintali mensili.

Per la centrale di Mambucaba, i tecnici prevedono che il reattore generatore di elettricità dovrebbe avere una potenza di circa 200 MW, e che il carico operativo dovrebbe aggirarsi intorno ad un fattore del 70 %.

Il costo dell'impianto, senza tener conto delle indispensabili centrali ausiliarie, allorché i lavori interesseranno la distribuzione dell'energia elettrica prodotta, è previsto intorno ai 180 milioni di dollari, vale a dire sui 110 miliardi di lire italiane.

* *

La posa di un cavo subacqueo attraverso il fiume San Lorenzo (Canada) richiedeva lo scavo di una trincea sul fondo del letto del fiume lunga circa 120 m e profonda da 6 a 8 m. Poichè gli ordinari mezzi di scavo presentavano varie difficoltà si fece ricorso agli esplosivi. Il lavoro aveva carattere



Fig. 1. — La colonna d'acqua sollevata dall'esplosione.

di urgenza per l'avvicinarsi della stagione dei ghiacci e per guadagno di tempo si adottò una tecnica nuova.

I tentativi fatti facendo esplodere cariche di esplosivi isolate non diedero risultati soddisfacenti. Venne allora preparata una catena di cartucce esplosive lunga come il tratto di fiume da attraversare. La catena, caricata da opportuni pesi,

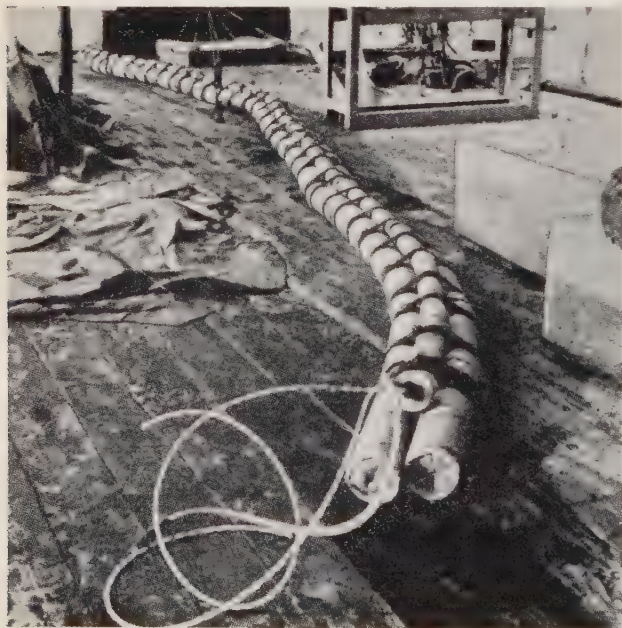


Fig. 2. — La catena di cartucce esplosive, graduate secondo la natura del fondo del letto del fiume.

fu affondata nelle acque in modo che andasse ad appoggiare sul fondo secondo il percorso voluto.

Le cariche furono fatte esplodere tutte insieme con un dispositivo elettrico di accensione. L'esplosione diede luogo alla formazione di una colonna d'acqua alta circa 120 m, ma nessun pezzo di roccia venne proiettato fuori.

I rilievi eseguiti subito dopo dimostrarono che sul fondo

del letto del fiume si era formata una trincea continua e sufficientemente profonda per permettere la posa del cavo, salvo in piccoli tratti dove la roccia era più dura e la trincea risultò profonda soltanto 1,20 m.

(*Electrical World*).

* *

Un impianto a ricupero ad altissima pressione. — La Compagnia Steel Company of Wales ha recentemente ordinato un'unità termoelettrica a ricupero, formata da una caldaia a circolazione forzata tipo Benson e da un turboalternatore a contropressione. L'impianto funzionerà alla pressione di 230 atm e 570 °C con risurriscaldamento a 445 °C.

La caldaia brucerà gas d'altoforno e nafta e produrrà circa 110 t/h di vapore. La turbina a 9 500 giri/min, avrà una potenza di 9 500 kW.

La turbina scarica il vapore alla pressione di 45 atm nel risurriscaldatore e da qui il vapore risurriscaldato viene avviato all'impianto esistente la cui rete è alimentata anche da caldaie a 45 atm e 450 °C.

La quantità di combustibile è automaticamente regolata dalla portata dell'acqua di alimento e dalla temperatura del vapore risurriscaldato. A sua volta la portata dell'acqua di alimento è regolata dalla pressione finale del vapore, pressione che può essere manualmente tarata a valori anche minori per agevolare l'avviamento. La temperatura del risurriscaldato è regolata anche con desurriscaldatori ad iniezione e con ricircolazione di gas; quella del risurriscaldato è regolata con serrande sui gas.

La turbina comanda con riduttore l'alternatore a 3 000 giri/min.

(*Boiler House Review* - agosto 1960).

* *

Si è svolto a Firenze nei giorni 3 e 4 marzo u.s., un **Convegno nazionale per lo studio dell'applicazione dei calcolatori elettronici ai problemi di cristallografia e di strutturistica chimica.**

Il convegno, organizzato dalla Società Olivetti, è partito dalla esposizione dei principali problemi relativi alla cristallografia e alla strutturistica chimica e dei più importanti metodi di calcolo numerico di cui attualmente si dispone per la loro soluzione.

Si è poi passato all'esame degli strumenti elettronici atti ad essere impiegati in dette ricerche, con discussioni particolari sulle tecniche di programmazione. È seguita, infine, una sintetica esposizione delle esperienze sino ad ora concluse in Italia.

È stata posta in luce, in maniera specifica, la grande utilità dei calcolatori elettronici, in quanto essi consentono l'esecuzione del lavoro di ricerca in un tempo incomparabilmente più ridotto rispetto a quello che era necessario con l'adozione dei mezzi tradizionali.

Il Convegno, risolvendosi in un incontro diretto tra i maggiori ricercatori italiani, ha consentito di mettere in evidenza ed approfondire alcune delle fondamentali esigenze nel campo della cristallografia e della strutturistica chimica.

*

Equilibratura delle macchine rotanti. — È stato costituito un gruppo di studio (Informal International Panel on Balancing) per esaminare la possibilità di stabilire uno standard internazionale sui seguenti argomenti:

- terminologia relativa a equilibratrici e alla equilibratura;
- modulo di comunicazione fra costruttori ed utilizzatori di equilibratrici;
- criteri di equilibratura;
- metodo di valutazione di equilibratrici.

Il gruppo provvisorio si è riunito una prima volta a Zurigo nell'agosto 1960 ed era costituito da:

Presidente: *Muster* (General Electric - Schenectady - USA); Segretario per Europa dr. *Slibar* (Technische Hochschule Stuttgart - Germania); *Binns* (Avery - Inghilterra); *Federn* (Schenk - Germania); *Furhke* (Daimler Benz - Germania);

Rava (Rava - Italia); Krizyzanowski (Politecnico - Polonia); Johannsen (Asea - Svezia); Granquist (Asea - Svezia).

È prevista una seconda riunione a Darmstadt in Germania nel prossimo mese di maggio.

* *

VIII Rassegna Internazionale elettronica, nucleare, e teleradiocinematografica

La Rassegna, che si svolge annualmente dal 1952, si terrà quest'anno dal 12 al 25 giugno, come di consueto a Roma.

Nel quadro della Rassegna, si terranno le seguenti manifestazioni.

VIII Congresso Internazionale per la elettronica, dal 19 al 24 giugno.

La inaugurazione avverrà al mattino del 19 giugno, con una Introduzione del prof. A. Marino e una Conferenza dell'ing. E. Lensi, Direttore dell'Istituto Superiore PPTT, sul tema: «La ricerca elettronica in Italia e i suoi riflessi nel quadro dell'economia nazionale».

Seguiranno varie sedute, dedicate ai seguenti temi: «Moderni sistemi di radiolocalizzazione e aiuto alla navigazione» - «Nuovi tipi e metodi di produzione dei dispositivi a semiconduttore» - «L'elettronica nella ricerca scientifica» - «Panorama del progresso elettronico» - «Problemi connessi al "tracking" dei satelliti artificiali».

Martedì 20 giugno sarà tenuto il *Secondo Convegno Internazionale Luigi Einaudi* «per il progresso nelle trasmissioni di informazioni nei cavi metallici».

VI Congresso Internazionale per l'Energia Nucleare organizzato dal Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare CNEN, dal 13 al 18 giugno.

Le giornate del 13-14-15 giugno saranno dedicate a un *Simposio sul «ciclo uranio-torio»*, su 6 sessioni: Ciclo uranio-torio; Reattori al torio; Tecnologia dell'elemento combustibile; Trattamento del combustibile irradiato; Produzione del torio dal minerale; Conclusioni del Simposio.

Contemporaneamente, il giorno 14 si terrà una giornata di studio dedicata ai «*Problemi di ingegneria convenzionale negli impianti nucleari*» e nei giorni 15 e 16 un Simposio dedicato alle «*Applicazioni dell'energia nucleare in agricoltura*».

I giorni 17 e 18 saranno dedicati a un Simposio su «*Tecniche autoradiografiche nelle scienze mediche*».

Convegno Internazionale Tecnico-Scientifico dello Spazio, dal 12 al 15 giugno, col seguente programma: Propulsione chimica, nucleare e ionica - Ricerche scientifiche nell'alta atmosfera - Ricerche meteorologiche - Apparecchiature elettroniche di bordo ed extra-bordo dei veicoli spaziali - Industria missilistica.

Convegno Internazionale Tecnica Cinematografica, dal 23 al 24 giugno, col seguente programma: Panorama del progresso della tecnica cinematografica - Il cinema come strumento di documentazione e di ricerca tecnica e scientifica - L'industria cinematografica nella Comunità Europea.

Esposizione Tecnologica riguardante la produzione elettronica, nucleare e teleradiocinematografica, su un'area coperta di 25 000 m².

Per informazioni, iscrizioni ecc., rivolgersi alla «Segreteria della Rassegna» (Roma, via della Scrofa 14).

* *

Gli *Atti del secondo Congresso internazionale di Cibernetica*, tenutosi a Namur nel settembre 1958 sono stati ora pubblicati a cura della Association Internationale de Cybernétique. Essi costituiscono un volume di oltre 1 000 pagine e comprendono il testo di circa 80 Relazioni.

Il volume è in vendita al prezzo di 800 franchi belgi per i soci e di 1 200 franchi belgi per tutti gli altri. Rivolgersi al Secrétariat della associazione (rue Basse Marcel n. 13 - Namur).

* *

Corto circuito fra le spire dell'avvolgimento di un turbogeneratore da 60 MVA. — Alla fine della seconda guerra mondiale, per la mancanza di micanite, anche l'isolamento delle cave dei grandi turboalternatori veniva fatto con presspan. Questo, essiccandosi completamente durante l'esercizio, subiva deformazioni dovute a fenomeni di ritiro per cui ac-

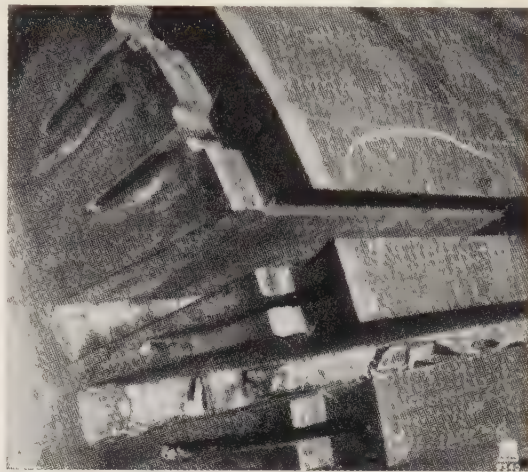


Fig. 1. — Turbogeneratore da 60 MVA. Pareti delle cave dell'induttore intaccate dagli archi prodotti dal corto circuito fra le spire.

cadeva che si formassero fessure nel rivestimento isolante delle cave che davano luogo a contatti verso massa. Un simile caso si produsse nell'induttore di un alternatore da 60 MVA dopo alcuni anni di funzionamento. Il contatto, inizialmente non pericoloso, si allargò poi fino a formare un corto circuito fra le spire dell'avvolgimento. Anche questo corto circuito avrebbe potuto essere sopportato se, causa la particolarità dell'esercizio (funzionamento a velocità ridotta e contemporaneo riscaldamento dell'induttore mediante la corrente), non si fosse verificato un alternato dilatarsi e contrarsi nel punto



Fig. 2. — Parti bruciate dell'isolamento a forma tubolare ed il fascio dei conduttori di rame anneriti.

in cui le spire erano in corto circuito. Era quindi inevitabile la formazione di ripetuti archi, i quali, pur non producendo fusione del rame, surriscaldavano le zone attorno. Si formava così progressivamente un corto circuito per tutta l'altezza della bobina. La parete della cava costituiva un ponte fra l'inizio e la fine del contatto di corto circuito. Nella fig. 1 è chiaramente visibile che questi archi prodotti dal corto circuito avevano intaccato anche la parete della cava. Nella fig. 2 sono riprodotti la parte bruciata dell'isolamento a forma tubolare e il fascio dei conduttori di rame anneriti.

Solamente quando il contatto tra le spire era diventato stabile e si era esteso a tutta la bobina, si notarono irregolarità nell'esercizio. Lo sbilanciamento magnetico non ha probabilmente provocato una notevole irregolarità nella rotazione dell'induttore bipolare. Dato che mancavano le perdite di tutta una bobina, si era probabilmente verificato uno squilibrio termico nell'induttore con conseguenti deformazioni che provo-

carono una rotazione irregolare della macchina. Poiché questo fenomeno non venne notato subito, la rotazione irregolare provocò lo sfregamento dei ventilatori sulla carcassa ed il danneggiamento delle guarnizioni.

Fu necessario rifare l'avvolgimento dell'induttore ed eliminare le tracce di sfregamento dei ventilatori.

* *

Macchina elettronica che « legge e manda a memoria » cifre e lettere. — La Farrington Manufacturing Company di Needham, nel Massachusetts, ha presentato un nuovo tipo di macchina elettronica che è in grado di tradurre in linguaggio commerciale quello che « legge » e di riportare le informazioni su una « memoria » a nastro perforato.

Secondo la Farrington, l'apparato può rilevare non soltanto i numeri riportati sulle tessere di credito e sugli assegni bancari, come altre macchine in commercio, ma dispone di un occhio elettronico che legge intere pagine dattiloscritte.

Esemplari della macchina attualmente in produzione sono stati acquistati da grandi società di assicurazione per la contabilizzazione degli avvisi delle polizze restituiti dai clienti con il versamento. In otto giorni, un apparato del genere è in grado di controllare 1.500.000 schede, svolgendo così un lavoro per il quale normalmente occorrono squadre di ragionieri e mesi di lavoro.

Sta per essere costruito un modello perfezionato della macchina con una capacità di 340 caratteri al secondo (lettere dell'alfabeto, cifre e segni d'interpunzione). Esso sostituirà la registrazione su nastro perforato con quella magnetica. Si ritiene che, mediante opportune modifiche, la macchina potrà essere impiegata per traduzioni in inglese insieme ad uno speciale elaboratore elettronico di dati.

* *

Concessa la licenza di esercizio alla prima stazione radio spaziale. — La Commissione Federale per le Comunicazioni ha rilasciato ai laboratori della International Telephone & Telegraph Corporation a Nutley (New Jersey) la prima licenza di esercizio per una stazione radio spaziale.

I laboratori della ITT potranno operare sulle frequenze di 2.120 o di 2.299,5 MHz, dal 15 gennaio al 30 giugno di quest'anno. A partire dal 1° luglio, la stazione dovrà servirsi della sola seconda frequenza.

La stazione sperimentale, che ha le lettere distintive di chiamata KFQX-BR, dispone di un'antenna parabolica con un diametro di oltre 13 m e di un trasmettitore da 10 kW, che consentirà di irradiare segnali radio in direzione della Luna o dei satelliti artificiali terrestri per esperimenti sulle comunicazioni spaziali.

* *

Una Società europea per la produzione dello zirconio. — È stata costituita in questi giorni a Parigi la « Société Industrielle du Zirconium », società anonima francese cui partecipano, in parti uguali, tre gruppi industriali, rispettivamente italiano, francese e tedesco. Il Gruppo italiano partecipa con la Società Montecatini; quello francese con la Società Pechiney ed alcune affiliate e quello tedesco con la Società Degussa e Metallgesellschaft.

Il primo obiettivo di questa Società è la produzione dello zirconio in spugna ed in lingotti ed inoltre lo studio delle sue applicazioni attuali e future principalmente nell'industria atomica e chimica.

La sede della Società è Faubourg Saint-Honoré n. 195 - Parigi (8e).

Lo zirconio veniva considerato fino a poco tempo fa un metallo raro, non tanto per la sua reale scarsità nella crosta terrestre (esso è infatti più abbondante del rame, del piombo e dello zinco), quanto perché le difficoltà estrattive lo rendevano una curiosità di laboratorio. Oggi le moderne tecniche consentono di produrre lo zirconio in quantità sempre maggiori; nel solo 1959, ad esempio, gli Stati Uniti sono stati in grado di destinare al mercato ben 1.257 t di spugna di zirconio.

I principali minerali dai quali si ricava lo zirconio sono: lo zircone (silicato di zirconio) che si trova negli Stati Uniti e nell'Australia, e la baddeleyite (ossido di zirconio) che si

trova in Brasile. Altri giacimenti sono stati scoperti nel Madagascar, in India ed in Africa.

Tra le principali caratteristiche chimiche dello zirconio va anzitutto rilevata la sua grande resistenza alla corrosione, resistenza che tuttavia si manifesta soltanto quando lo zirconio è allo stato di estrema purezza. I procedimenti di fusione ad arco nel vuoto spinto consentono oggi di ottenere questo metallo al voluto grado di purezza, così da renderlo atto a resistere all'azione aggressiva di quasi tutti gli acidi inorganici ed organici. Esso presenta inoltre una eccellente resistenza alle soluzioni alcaline, alle soluzioni di cloruri e di ipocloriti.

Notevole è pure il comportamento dello zirconio a contatto con i sali fusi e con alcuni fra i più aggressivi metalli fusi a temperature elevate. È inoltre eccezionale la sua resistenza all'attacco della maggior parte dei composti organici.

Per tutte queste caratteristiche i suoi impieghi nella costruzione di apparecchiature destinate all'industria chimica vanno rapidamente diffondendosi.

La più attuale ed avveniristica utilizzazione dello zirconio è tuttavia nella costruzione dei reattori nucleari. Infatti — quando sia esente da afnio, un metallo quest'ultimo di caratteristiche chimiche quasi identiche e che sempre lo accompagna nei minerali — lo zirconio presenta una bassa « sezione di cattura » per i neutroni. In altri termini, lo zirconio è « trasparente » ai neutroni lenti, necessari a sostenere la reazione a catena di disintegrazione atomica che ha luogo nei reattori nucleari.

Lo zirconio serve perciò egregiamente — anche in virtù della sua alta resistenza alla corrosione — a costruire le guaine di protezione dei combustibili nucleari. Al riguardo si può osservare che i reattori installati a bordo dei sommergibili atomici impiegano largamente lo zirconio.

Numerosi sono gli impieghi dello zirconio anche nell'industria metallurgica: aggiunto in piccole quantità agli acciai esso ne migliora infatti decisamente le proprietà e consente di ottenere materiali di altissima resistenza, associata a grande duttilità e ad ottime caratteristiche di formatura a freddo; legato con nichel, cobalto, molibdeno e tungsteno, fornisce un eccellente acciaio rapido per utensili da taglio; aggiunto a leghe di alluminio, magnesio e rame, ne esalta talune qualità e ne estende il campo di uso.

Lo zirconio trova anche impiego nella produzione di filiere per fibre sintetiche; di filamenti di lampade elettriche; nell'industria degli esplosivi; in elettronica, per la produzione di valvole radio; in chirurgia, per protesi ossee e dentarie; ecc.

Gli impieghi dello zirconio sono destinati senza dubbio a svilupparsi con ritmo sempre crescente; soprattutto se — come prevedibile — il prezzo di questo metallo potrà diminuire, sia come conseguenza del progresso tecnico produttivo che dell'accrescersi delle richieste.

* *

La riunione annuale della **Studiengesellschaft für Hochspannungsanlagen E.V.** si svolgerà nei giorni 16 e 17 maggio a Karlsruhe, coi seguenti temi:

a) Trattamento del centro stella nelle reti a tensione di 110 kV e inferiore.

b) Cambiamento di tensione nelle reti di distribuzione.

Nei giorni 18 e 19 maggio sono previste visite a impianti elettrici.

Per informazioni rivolgersi alla Sede della Società (14 a - Nellingen/Esslingen (Neckar) - Germania).

* *

Una **Conferenza Internazionale sulla Protezione dei Materiali** è stata tenuta a Belgrado nel settembre 1959, su iniziativa della Unione delle Società iugoslave per la protezione dei materiali, con numerosi interventi di tecnici di molti Paesi.

La Unione delle Società iugoslave per la protezione dei materiali ha curato la pubblicazione dei Rendiconti della Conferenza. Essi costituiscono un volume di 650 pagine, contenente 52 Relazioni, e vengono ora messi in vendita al prezzo di 12 dollari. Per l'acquisto rivolgersi alla Unione (Belgrado - Kneza Milosa 7/III, P.o.b. 771).

* *

Il 2° Congresso Mondiale di Relazioni Pubbliche si svolgerà a Venezia dal 24 al 27 maggio 1961, organizzato dalla Associazione Italiana Relazioni Pubbliche (AIRP) presieduta dall'on. prof. Giuseppe Togni in collaborazione con la Fondazione Cini.

Il tema scelto per il congresso è il seguente: « Le relazioni pubbliche per il progresso delle comunità ».

Il congresso si articolerà in una prima tornata che si ripropone l'esame dei programmi di studio delle R.P. nel mondo, e su 3 successive tornate concernenti rispettivamente le comunità locali, nazionali e internazionali.

Il congresso è aperto a tutti coloro che si interessano del-

l'argomento. Rivolgersi a: AIRP - Segreteria del Congresso Mondiale (Roma - Via Torino 117).

* *

L'Istituto Italiano del Marchio di Qualità ha pubblicato un *Elenco dei materiali e degli apparecchi ammessi al marchio* aggiornato al 1° aprile 1961. Il volume contiene anche l'elenco dei contrassegni del Marchio di Qualità per i cavi, l'elenco delle Ditte autorizzate a produrre materiali marchiati ecc.

Il volume può essere ottenuto gratuitamente facendone richiesta all'IMQ (Milano, viale Misurata 61).

LIBRI E PUBBLICAZIONI

M. JOUGUET: *Traité d'électricité théorique. Tome III.* (Gauthier-Villars, Paris, 1960. Un volume in 8°, 16 x 25 cm, con VII+174 pagine e 39 figure. Prezzo 40 NF).

Questo terzo volume del trattato è dedicato all'esposizione del principio di relatività e delle leggi generali dell'elettromagnetismo e dell'elettrodinamica. Mentre i due primi volumi, dedicati allo studio degli stati permanenti, non si scostano sostanzialmente, fatta riserva delle vedute personali dell'Autore, dalle classiche trattazioni, lo studio degli stati variabili viene qui affrontato esclusivamente e fin dal principio sotto l'aspetto relativistico. Il primo capitolo è infatti dedicato all'esposizione dell'universo di Minkowski, della trasformazione di Lorentz e della dinamica di Einstein indipendentemente da qualsiasi considerazione elettromagnetica. Dalle leggi di questa dinamica vengono dedotte, nel secondo capitolo, le equazioni generali di Maxwell, la cui integrazione porta a uno studio completo dei potenziali ritardati. Il terzo capitolo è dedicato all'elettrodinamica dei corpi in movimento, mentre altri due capitoli contengono la trattazione degli stati quasi permanenti e dell'induzione elettromagnetica, nonché quelle dell'energia elettromagnetica e dell'irraggiamento.

Ricco di problemi e di applicazioni particolari, il volume ha l'interesse delle cose nuove e offre una trattazione rigorosa dell'elettrodinamica relativistica, limitata alla relatività ristretta.

Esso non può essere tuttavia consigliato a studenti, che non abbiano prima acquisito sicure conoscenze dell'elettrodinamica classica non relativista, perché sembra inutile ingombrare la mente fin dal principio di concetti delicati e difficili, quando lo stesso Autore segnala più volte che gli effetti relativistici non sono in generale di entità tale da poter essere rilevati. Si tratta quindi di un trattato di lettura interessante per lettori esperti, i quali possono anche apprezzare il quadro logico unitario, appunto perché possono confrontarlo con altri più spezzettati.

L'uso delle unità del sistema di Gauss conferma il giudizio precedente: è opportuno che gli studiosi imparino a usare bene il sistema Giorgi e poi ne apprezzino la semplicità confrontandolo con gli altri tanto più complicati.

*

R. H. BUBE: *Photoconductivity of Solids.* (Jhon Wiley and Sons, Inc., New York, 1960. Un volume di XIX+461 pagine in 8°, con molte figure. Prezzo, rilegato, S 14.75).

Nonostante che la scoperta della fotoconduttività risalga al secolo scorso, solo negli ultimi anni la teoria e la tecnica dei materiali fotoconduttori hanno compiuto un deciso progresso. Questo ritardo rispetto alle prime scoperte è imputabile soprattutto alle grandi difficoltà nella produzione di campioni di materiale (fotoconduttore) che avessero la purezza e la perfezione cristallina necessarie affinché i singoli e molteplici fenomeni fisici non si sovrapponevano in modo da mascherarsi a vicenda. I solidi fotoconduttori, d'altro canto, sono una via di mezzo tra i semiconduttori e gli isolanti: nessuna meraviglia, quindi, che i grandi progressi della tecnologia del ger-

manio e del silicio, compiuti dopo la scoperta del transistor nel 1948, abbiano influito anche sulla tecnica di questi materiali.

L'interesse per i fenomeni fotoconduttivi è di duplice natura: teorica da un lato, per la luce sempre più profonda che la comprensione di tali fenomeni getta sulla fisica dello stato solido; pratica dall'altro, per le possibilità di costruire nuovi dispositivi ottico-elettronici atti ad essere impiegati in campi svariati.

Si comprende dunque quanto interesse desti la pubblicazione di un volume interamente dedicato ad un campo così specializzato, eppur così interessante; di un volume unico nel suo genere, qual'è questo del dr. Richard H. Bube che presentiamo.

I vari aspetti dei fenomeni trattati nell'opera vengono presentati gradualmente partendo da quelli fondamentali e giungendo solo più tardi a considerare le questioni molto particolari. Anche per quanto riguarda la complessità dei vari argomenti trattati va posta in rilievo la gradualità dell'esposizione; la soluzione di ciascun problema viene ricercata dapprima per mezzo di schematizzazioni molto semplici, e poi con metodi più elaborati, che rendono conto dei risultati sperimentali in maniera più soddisfacente.

I primi tre capitoli del volume danno una prima visione dei fenomeni fotoconduttivi.

Dopo la descrizione dell'evoluzione storica delle conoscenze su tali fenomeni, l'A. richiama le nozioni relative ai processi elettronici nei solidi, e le applica per eseguire un primo studio dei processi fotoconduttivi.

Il quarto capitolo, con la sua descrizione dei metodi di preparazione dei fotoconduttori, rappresenta una sosta nello svolgere della teoria: ma i cenni di tecnologia vengono subito utilizzati per introdurre la trattazione degli effetti elettrodi (quinto capitolo) e delle imperfezioni (sesto capitolo).

I quattro capitoli che seguono contengono un approfondito riesame dei vari aspetti della fisica dei solidi che interessano i fenomeni fotoconduttivi, e vengono utilizzati per impostare nel capitolo undicesimo una teoria generale della fotoconduttività.

Il dodicesimo e ultimo capitolo tratta infine alcuni fenomeni strettamente legati a quelli fotoconduttivi, inquadrando così l'argomento in una visione più ampia, che abbraccia il vasto campo dei processi fisici nei solidi.

L'opera, veramente encomiabile, è completata da un'appendice sulle applicazioni, e da una bibliografia ricca di ben 1 009 citazioni. L'ottima veste tipografica contribuisce notevolmente a valorizzare il pregevole lavoro dell'Autore.

*

JOACHIM DOSSE: *Der Transistor.* (R. Oldenbourg, Munchen, 1959. Un volume di 274 pagine in 8°, con molte figure, anche a colori, e parecchie fotografie fuori testo. Prezzo rilegato, 26 DM).

Benché i transistori siano elementi ormai ben noti per quanto riguarda le loro proprietà ed il loro comportamento nei circuiti elettrici, essi offrono tuttavia ancora la possibilità di

pubblicare utili opere come è, in particolare, quella che qui viene recensita.

Con la sua trattazione prevalentemente discorsiva, ma molto esauriente, dei fenomeni fisici relativi ai transistori e ai principali dispositivi elettronici a semiconduttori, essa costituisce infatti un'utilissima fonte di informazioni per i tecnici che, accanto ad una buona preparazione di carattere pratico, possiedono uno spiccato interesse per le questioni teoriche relative al vasto campo dei semiconduttori. Va notato che le spiegazioni qualitative, d'altro canto, sono integrate da trattazioni quantitative dei singoli problemi, molto ben condotte, e per la parte tecnologica da belle fotografie.

Dopo un breve capitolo introduttivo, l'A. passa a esporre i principi fisici della semiconduzione e del conseguente comportamento delle giunzioni singole e dei sistemi di più giunzioni. Il terzo capitolo tratta assai in dettaglio della tecnologia e delle caratteristiche dei moltissimi tipi di transistori e dispositivi similari entrati nell'uso, mentre il quarto capitolo è dedicato all'impiego delle caratteristiche statiche e alla derivazione ed impiego dei circuiti equivalenti; questi ultimi vengono estesamente discussi e confrontati tra loro. Infine, l'ultimo capitolo contiene una rassegna dei circuiti impieganti transistori.

Nel suo complesso, l'opera è di buon livello e rivela notevole impegno da parte dell'Autore. Veramente ottima la veste tipografica.

✱

A. L. LIVSHITS : *Electro erosion machining of metals*. (Butterworths, Londra 1960. Un volume di 13 x 22 cm, di 115 pagine con 62 figure. Prezzo rilegato, 30 s.).

Il libro, tradotto dal russo, tratta dei metodi di lavorazione dei metalli mediante erosione prodotta per via elettrica. Vengono presi in considerazione 3 tipi fondamentali di macchine che lavorano rispettivamente mediante formazione di scintille o con applicazione di impulsi di corrente, o per contatto.

Dopo una introduzione generale sui concetti fondamentali di questi particolari metodi di lavorazione, vengono presi in considerazione i generatori di impulsi di corrente illustrandone sommariamente le principali caratteristiche. Vengono successivamente illustrati i dispositivi di controllo e regolazione automatica, con l'impiego di amplificatori magnetici o di amplificatori elettronici.

Un capitolo è dedicato ad illustrare le caratteristiche di questi metodi di lavorazione e le loro principali e più convenienti applicazioni.

Infine l'A. descrive parecchi tipi di macchine che lavorano coi sistemi di erosione elettrica riportando i circuiti relativi e molte notizie di impiego.

Il libro è di grande interesse per l'argomento trattato che riguarda metodi di lavorazione ancora poco noti da noi e che permettono in molti casi di trovare soluzioni convenienti, e forse uniche, di certe difficili esigenze costruttive.

✱

G. DI MAGGIO : *Telefonia pratica*. II edizione. (Casa Editrice Federico e Ardia, 1960. Un volume di 16 x 24 cm, di 643 pagine, con 592 figure e 6 tavole fuori testo. Prezzo, rilegato, 4 000 L.).

Il volume si presenta come destinato ai lavoratori telefonici addetti all'impianto e all'esercizio degli apparecchi e delle reti, ed è impostato quindi con criteri di semplicità e di pratica applicazione, più che di formazione teorica e culturale. Il rapido esaurimento della prima edizione dimostra che il libro ha incontrato largo favore nel pubblico cui è destinato.

In questa nuova edizione è stata notevolmente ampliata la prima parte, destinata a richiamare le nozioni fondamentali di elettrotecnica.

Segue poi una seconda Parte destinata alla descrizione degli apparecchi telefonici, tenendo conto anche dei tipi più recenti. La Parte terza tratta degli impianti di abbonato e la Parte quarta delle reti telefoniche; in quest'ultima Parte sono anche date notizie sui fenomeni di induzione e sui metodi per rimediarvi.

Nel complesso il libro si presenta come una utile ed efficace guida, quasi un manuale pratico, per il personale telefonico che vuole impraticarsi nel suo lavoro.

L'A. si diffonde nel descrivere dettagli costruttivi e manovre di messa in opera, con criteri il più possibile di immediata applicabilità. Le molte figure giovano allo scopo e così pure le abbondanti tabelle numeriche e le tavole fuori testo che riproducono schemi di apparecchi e di impianto.

Nella prima Parte generale sono anche stati introdotti un buon numero di esercizi svolti che faciliteranno, ai meno preparati, la comprensione degli argomenti esposti.

Il libro merita di essere conosciuto fra il pubblico cui è destinato ma può utilmente servire a chiunque voglia apprendere facilmente e senza fatica come sia costituito e come funzioni un apparecchio o un impianto telefonico.

✱

M. PIRANI : *Elektrothermie*. 2ª edizione. (Ed. Springer, Berlino 1960. Un volume di 15 x 23 cm, di 541 pagine con 328 figure. Prezzo, rilegato, 64,50 DM.).

Il ben noto libro del Pirani si presenta ora nella sua seconda edizione, completamente rimaneggiato e aggiornato alla tecnica moderna, ma conservando la sua struttura fondamentale. L'opera riguarda essenzialmente la produzione e l'utilizzazione industriale delle alte temperature per via elettrica; è impostato con rigore tecnico e scientifico ma si presenta di facile lettura per chi abbia anche una modesta preparazione generale. La trattazione ha prevalentemente carattere descrittivo e informativo, essendo quasi escluse le calcolazioni: come opera informativa il libro ha però grande interesse e molto valore per la ricchezza dei dati e delle notizie.

In successivi capitoli vengono trattate le varie applicazioni industriali: alla metallurgia del ferro e degli altri metalli; alla sinterizzazione; alla produzione di carburo di calcio, di carburo di boro, di elettrografite, di carburo di silicio, di ferroleghie, del fosforo, del vetro di quarzo, ecc. Un capitolo è dedicato alle applicazioni del riscaldamento dielettrico e un altro alla elettrotermia dei gas.

Alla costruzione dei forni per temperature sopra i 1 500 °C, e alle loro applicazioni è dedicato uno speciale capitolo.

Una ampia trattazione è riservata alla tecnica delle misure nei forni elettrici. L'ultimo capitolo riguarda alcuni esempi di applicazioni per laboratorio.

Il volume, presentato in ottima veste tipografica, è corredato da una ricca bibliografia e da accurati indici analitici.

✱

D. P. CAMPBELL : *La dynamique des processus industriels. Le comportement dynamique des installations de production*. (Traduit par P. Strack. Dunod, Paris 1961, pag. 302. Prezzo 56 NF.).

L'opera di D. P. Campbell viene ora presentata in una limpida traduzione francese, mettendo così a disposizione di una più vasta cerchia di lettori un ottimo volume dedicato allo studio dell'aspetto fisico dei processi industriali.

Nel libro vengono discusse le equazioni che governano la dinamica di un processo, in particolare se ne analizzano le rispettive funzioni di trasferimento e si considerano i vari tipi di controllo.

La lettura dell'opera presuppone una buona conoscenza della matematica (equazioni differenziali e trasformate) come pure una certa familiarità con i principi del controllo automatico ed offre una eccellente rassegna di tutto il vasto argomento del controllo dei processi industriali, come mostra bene il seguente sommario dei vari capitoli:

- 1) Cinematica del maneggio di materiali: problemi di magazzino e di trasporto.
- 2) Fluidi in movimento: regolazione di livello, controllo di pressioni, moto nei condotti.
- 3) Fucatura, trattamento e guida.
- 4) Dinamica dei processi termici: comportamento dei vari tipi di scambiatori di calore.
- 5) Dinamica dei trasporti molecolari: diffusione, essiccamento, distillazione.
- 6) Dinamica dei processi chimici.

Una serie di problemi e due appendici (rispettivamente dedicate agli schemi funzionali e di flusso ed alle trasformate di Fourier e di Laplace) chiudono l'utile ed interessante opera.

R. Schulten - E. Jantsch — **Il reattore ad alta temperatura e con raffreddamento a gas della Communaute d'étude Brown Boveri-Krupp.** (Rev. B. B., gennaio-febbraio 1960, pag. 88).

Le possibilità di sviluppo dei reattori con raffreddamento a anidride carbonica sono limitate da vari fattori tecnici. Le temperature nel circuito di raffreddamento non possono superare i valori relativamente bassi imposti, nei reattori tipo Calder Hall, dall'uso di uranio metallico. Anche per i combustibili ceramici, come gli ossidi e i carburi, si considera ancora oggi prudente evitare ogni fusione al centro degli elementi e ciò limita generalmente la densità di potenza del reattore.

Un fattore della massima importanza per la produzione di energia nucleare è la questione del tasso di combustione (burn-up). Qui si incontrano 2 fattori limitativi: da una parte la resistenza meccanica degli elementi, dall'altra la reattività indispensabile al mantenimento della reazione a catena.

Supponendo di poter arrivare, con un nuovo tipo di reattore, a un elevato tasso di conversione della materia fertile in materia fissile e che la reattività possa essere mantenuta senza interruzione al livello necessario o che si abbia a che fare con un reattore surrigeneratore (con tasso di conversione superiore a uno), il fattore decisivo diventa la resistenza meccanica degli elementi di combustibile. Si intravede la possibilità di arrivare, con la applicazione combinata di principi finora poco adottati, ad abbassare sensibilmente la spesa di combustibile e a realizzare l'esercizio più economico delle centrali nucleari.

Nello studio di un reattore ad alta temperatura raffreddato a gas si è cercato di tenere presente le seguenti di-

rettive: realizzazione di un ciclo materiale fertile-materiale fissile più favorevole possibile, cioè il ciclo $\text{Th}^{232}\text{-U}^{233}$; realizzazione di una turbina a vapore funzionante con un ciclo comprendente temperature elevate; costruzione di un reattore di nuova concezione; adozione di un nuovo tipo di cartuccia di combustibile. Non si sono trascurati, oltre ai criteri di sicurezza, quelli di semplicità di costruzione e basso costo di impianto.

I lavori per il nuovo reattore, per conto della Communaute d'étude Brown Boveri-Krupp, cominciarono nel 1960. Si tratta di una centrale sperimentale dalla quale si conta di ottenere informazioni per la costruzione di impianti più importanti.

CARATTERISTICHE DEL REATTORE BROWN BOVERI-KRUPP.

Alla base di questo reattore sta una idea assolutamente nuova e cioè la accumulazione di cartucce sferiche di elementi fissili e fertili in un ammasso alla rinfusa.

Per realizzare una costruzione semplice, poco soggetta a incidenti di esercizio e in cui sia bassa la spesa per combustibile i costruttori hanno adottato una soluzione che può sembrare un po' singolare.

Gli elementi di combustibile si spostano unicamente sotto l'effetto del peso; il cammino percorso dalle sfere è però influenzato da schermi comandabili che permettono di regolare, fino a un certo punto, la distribuzione della densità di potenza nell'interno del nucleo del reattore: numerose ricerche sperimentali sono state eseguite al riguardo.

Ad eccezione di 4 elementi assorbenti mobili in guaine di grafite e che possono essere affondati entro il nucleo

CARATTERISTICHE DEL REATTORE BROWN BOVERI-KRUPP.

		1ª fase - (senza torio)	2ª fase - (con torio)
Potenza termica	MW	25	49
Potenza elettrica netta	MW	47	15
Gas di raffreddamento (10 kg/cm ²)		elio o miscuglio elio - neon	
temperatura di entrata nel reattore	°C	200	200
temperatura di uscita dal reattore	°C	850	850
Vapore (60 t/h):			
temperatura	°C	505	505
pressione	kg/cm ²	75	75
acqua all'entrata nel reattore	°C		110
Nucleo del reattore (diametro 3 m):			
altezza	m	1,96	2,22
densità di potenza, media	kW/l	1,81	3,12
potenza per 1 kg di uranio	MW/kg U ²³⁵	1,44	1,52
Cartucce (sfere di grafite di 6 cm):			
con carica di carburo di uranio	sfere	25 000	46 500
con carica di carburo di torio	sfere		22 900
sfere di grafite pura	sfere	34 700	
Peso dei materiali costituenti il nucleo:			
U ²³⁵	kg	17,4	32,3
U ²³⁸	kg	69,6	129,2
Th ²³²	kg	—	235,5
grafite	kg	14 200	16 500
Riflettore di grafite di 0,5 m, pesante 46 000 kg.			
Flusso medio di neutroni termici	cm ⁻² s ⁻¹	$6,5 \times 10^{13}$	$7,10 \times 10^{13}$
Coefficiente globale di temperatura	$\Delta k_{eff}/^{\circ}\text{C}$	-6×10^{-5}	-6×10^{-5}
Temperature nel nucleo:			
alla superficie degli elementi (media)	°C		700
alla superficie della carica di materia fissile (media)	°C		1000
al centro della carica di materia fissile (max)	°C		1500
Dimensioni esterne:			
diametro	m		7,54
altezza	m		25,6

(per l'arresto brusco e il raffreddamento dopo arresto) non vi è nessuna parte mobile nel nucleo. Non si è previsto nessun organo mobile di regolazione.

Un'altra particolarità del reattore è che la sua potenza viene regolata unicamente agendo sulla portata variabile delle soffianti. Questo sistema di regolazione si basa sull'influenza dei coefficienti negativi di temperatura della reattività.

La possibilità di estrarre o aggiungere in qualunque momento materiale fissile, quando il reattore è in pieno funzionamento (agendo sulla distribuzione del combustibile nel nucleo) ha permesso di fare a meno di prevedere nel nucleo stesso una certa riserva di reattività per compensare il consumo di materiale fissile.

Nel dimensionare l'ammasso delle sfere di combustibile si è accettato l'inconveniente della elevata proporzione di vuoto nel nucleo (circa 39 %) ritenendo che esso fosse più che compensato dalla semplicità di costruzione e dal basso costo.

D'altra parte è certo che questa forma di combustibile, con carica porosa di combustibile e di grafite frittati in una sfera di grafite, rende possibile di tollerare temperature elevate ed, eventualmente, anche fusioni parziali nell'interno delle sfere, il che permette di accrescere notevolmente la potenza termica degli elementi e quindi la densità di potenza nel nucleo. Questo è stato progettato con grande prudenza perchè la temperatura massima raggiungibile nelle cartucce caricate di materia fissile è circa 1000 °C sotto alle temperature di fusione.

L'impiego della grafite come materiale di guaina per gli elementi di combustibile è stato consigliato per avere l'identità del materiale moderatore e di guaina, dal basso potere assorbente per i neutroni e dall'elevata resistenza alle alte temperature. Inoltre si può aumentare notevolmente il tasso di combustione grazie alla resistenza materiale e meccanica delle cartucce sferiche, molto più grande di quella delle ordinarie cartucce metalliche. Con scelta di un tipo opportuno di grafite, poco permeabile al gas, si può mantenere in limiti tollerabili la contaminazione del gas circolante pur mantenendo bassa la pressione dei prodotti di fissione gassosi nell'interno delle sfere, per evitare esplosioni.

In un primo periodo di esercizio questo reattore pilota funzionerà con un basso livello di potenza e senza torio, con una carica di materia fissile costituita da uranio arricchito a 20 % con un energico dispositivo di rallentamento, per permettere di studiare le sue proprietà generali e la potenza termica del suo combustibile. Il materiale fertile sarà costituito esclusivamente da U^{238} con il ciclo di conversione U^{238} - Pu^{239} che si produce in tutti i reattori a uranio parzialmente arricchito.

In un secondo periodo, nel quale il materiale fertile sarà costituito da torio, sarà conservato in parte il ciclo U^{238} - Pu^{239} perchè l'uranio è arricchito al massimo fino a 20 %. Questa è considerata una soluzione transitoria finchè si potrà disporre di uranio arricchito al massimo come per altri reattori progettati in America e in Inghilterra.

Per semplicità si è cercato di utilizzare nella costruzione elementi già noti. L'impianto comprenderà un solo contenitore nel quale saranno installate il reattore, il circuito primario di raffreddamento, le soffianti e il generatore di vapore. Questa costruzione obbliga a impiegare un generatore di vapore il meno ingombrante possibile ma permette di ottenere vapore a 75 kg/cm² e 505 °C.

Come gas circolante si prevede di usare l'elio se sarà possibile ottenere la fornitura: l'elio depurato non assorbe neutroni e si comporta come un gas inerte anche alle alte temperature; inoltre possiede ottime caratteristiche termodinamiche. Il reattore è però costruito in modo da poter funzionare, occorrendo, con un miscuglio di neon (78 %) e elio (22 %).

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.

Come si vede in fig. 1 il reattore e il sistema primario sono contenuti in un involucro a doppia parete, con 2 intercapedini di tenuta riempite di gas a pressione leggermente superiore a quella del gas circolante per impedire le fughe e anche per diminuire la sollecitazione mecca-

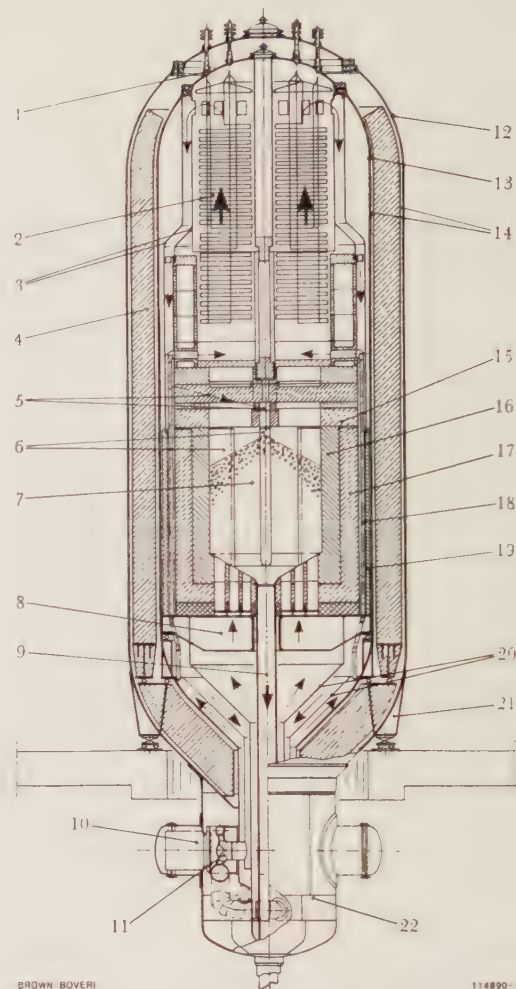


Fig. 1. — Sezione schematica del reattore.

1, uscita della tubazione dal generatore di vapore; 2, generatore di vapore; 3, ventola di guida del gas; 4, schermo di protezione biologica; 5, dispositivo di introduzione del combustibile; 6, alette di grafite per l'introduzione degli elementi assorbenti; 7, nucleo del reattore; 8, griglia-supporto; 9, tubazione di essiccazione delle sfere di combustibile; 10, motore di comando di una soffiante; 11, soffiante; 12 e 13, blindature di protezione; 14, spazi di tenuta I e II; 15, copertura in polvere di carbone agglomerato; 16, riflettore di grafite; 17, camicia di carbone agglomerato; 18, by-pass; 19, isolamento termico; 20, ventole di guida del gas; 21, piedi del reattore; 22, camera delle soffianti.

nica della parete interna, che è calda. Lo spazio fra le 2 pareti è occupato da blocchi di cemento baritico che costituiscono un primo schermo biologico.

La fig. 2 rappresenta schematicamente una cartuccia di materiale fertile o fissile. Essa è costituita da una sfera di grafite con un foro cilindrico destinato a contenere il materiale attivo sotto forma di un corpo frittato poroso. Sia il materiale fertile sia quello fissile sono impiegati sotto forma di carburi e mescolati a grafite nei rapporti atomici approssimati $U:C = 1:50$ e $Th:C = 1:7$. Il foro è chiuso da un tappo di grafite avvitato.

Le tensioni di origine termica sono piccole perchè il gradiente di temperatura nella sfera è soltanto di 100 a 150 °C/cm. Quasi tutti gli elementi raggiungono temperature superiori a 300 °C cosicchè l'accumulo di energia Wigner sarà assai limitato: è previsto tuttavia di sottoporre periodicamente la grafite a un trattamento termico di compensazione.

Nel nucleo del reattore sporgono 4 ali di grafite a 90° nelle quali si possono infilare gli elementi assorbenti per arrestare il reattore.

Il caricamento è semplice. Uno staccio permette di introdurre le sfere di combustibile fresco: esse rotolano su una guida di grafite e cadono nel nucleo attraverso un ori-

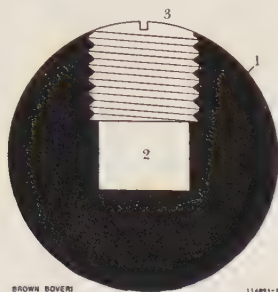


Fig. 2. — Cartuccia di combustibile (diametro 6 cm).

1, guaina di grafite; 2, carica di combustibile; 3, tappo di chiusura avvitato.

ficio. Per estrarre le sfere dal nucleo ci si serve di una apertura nella suola inferiore di grafite.

Per ragioni di sicurezza il reattore è installato in un edificio indipendente i cui muri costituiscono un secondo schermo biologico (fig. 3).

Il contenitore che contiene il reattore è d'acciaio e può

reatore di vapore e il nucleo e viene ripreso dalle due soffianti.

In caso di incidente (per es. rottura di un tubo del generatore di vapore), vi è la possibilità di variare il circuito gassoso mediante un by-pass che si apre all'uscita delle due soffianti, che funzionano in parallelo. Allora il gas passa all'esterno al nucleo e viene soffiato radialmente e dal di sotto nel generatore di vapore; con ciò si ottiene il raffreddamento del generatore e nello stesso tempo la protezione del nucleo contro eventuali penetrazioni di vapore surriscaldato. La grande capacità termica delle masse di grafite e il valore del loro coefficiente di temperatura permettono la interruzione parziale o completa del raffreddamento del nucleo mediante il gas. Il circuito gassoso che passa per il by-pass ritorna alle soffianti attraverso lo stesso spazio anulare come nel circuito normale.

Sono in corso accurate ricerche per determinare il grado di contaminazione che subisce il gas circolante, dato che la grafite, per quanto di qualità impermeabile, non può interamente proteggerlo. Bisognerà trovare un compromesso fra la durata di vita delle cartucce di combustibile e il grado di contaminazione del gas circolante.

Il circuito del gas, i due dispositivi di tenuta, i depositi e le camere di carico, il locale di comando e la cella calda sono raccordati a impianti di epurazione e decontaminazione. Questa è ottenuta con un sistema di filtri di carbone attivo a più stadi funzionanti a diverse temperature. Il gas passa continuamente in un by-pass di epurazione dove si eliminano le polveri di grafite, il vapor

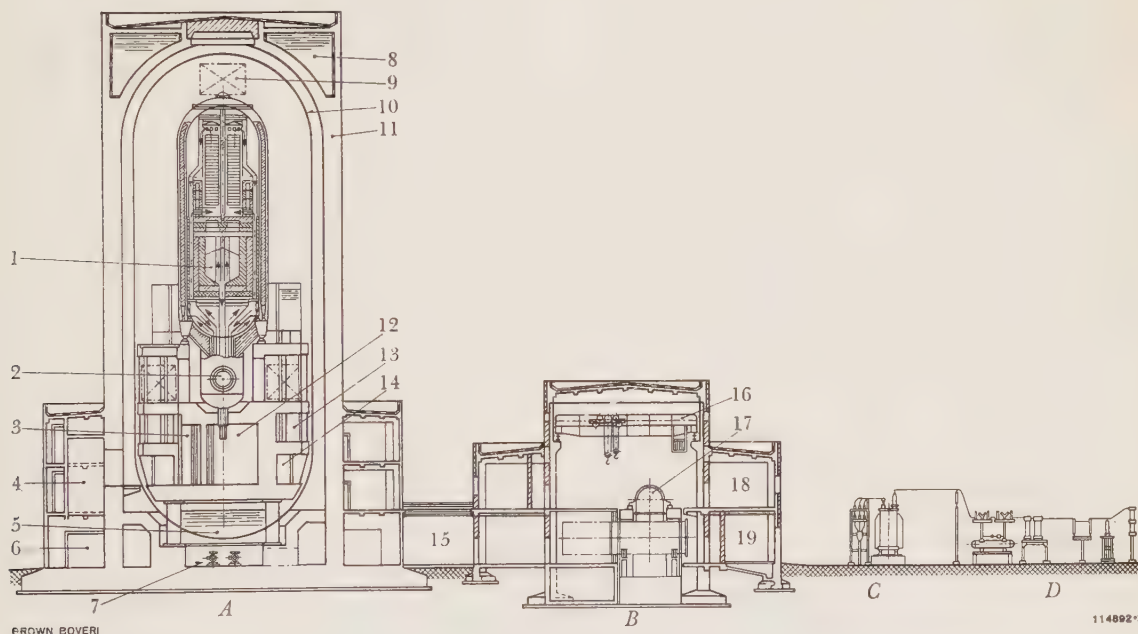


Fig. 3. — Sezione della centrale nucleare.

A, edificio del reattore; B, edificio delle macchine; C, trasformatore; D, cabina all'aperto. — 1, reattore; 2, soffiante; 3, staccio di caricamento; 4, locale di smontaggio; 5, riserva d'acqua di raffreddamento; 6, galleria di servizio; 7, pompe d'acqua; 8, riserva d'acqua di raffreddamento; 9, collettore di vapore; 10, involucro di sicurezza; 11, isolamento biologico esterno; 12, esame delle cartucce; 13, filtri e refrigeranti; 14, valvole del circuito secondario; 15, tubazioni e cavi; 16, gru a ponte; 17, turboalternatore; 18, sala quadri; 19, trasformatore ausiliario.

resistere a una pressione interna di $1,7 \text{ kg/cm}^2$ effettivi, la massima che può verificarsi in caso di rottura nel sistema primario o nel secondario.

Il gas di raffreddamento penetra nel nucleo dal basso e esce dall'alto a 850°C attraverso fenditure praticate nella copertura di grafite: esso perviene al generatore di vapore dove la sua temperatura scende a 180°C . Successivamente il gas scende nello spazio che circonda il gene-

d'acqua, l'ossido di carbonio e l'anidride carbonica. Un dispositivo di predepurazione, con filtro da polvere, refrigerante e separatore d'acqua, serve a eliminare le polveri di grafite e la maggior parte dell'acqua. La complessa installazione di epurazione finale comprende colonne a ossido di rame e filtri molecolari (fig. 4).

Il generatore di vapore, a controcorrente con unico passaggio, è installato nella parte superiore del conten-

tore del reattore. Esso è contenuto in una camera cilindrica di acciaio ed è protetto dal nucleo del reattore mediante uno schermo di grafite e di polvere di carbone agglomerata. Il generatore è suddiviso in 4 elementi identici ma indipendenti, che possono venire regolati e messi fuori servizio dall'esterno.

mente dalla potenza) e dalla grande capacità termica. La regolazione si può ottenere semplicemente modificando il flusso gassoso proveniente dalle soffianti. Questa semplicità di regolazione è una caratteristica, non realizzabile, in generale, negli altri tipi di reattore.

Nel caso di variazioni rapide di potenza si verificano

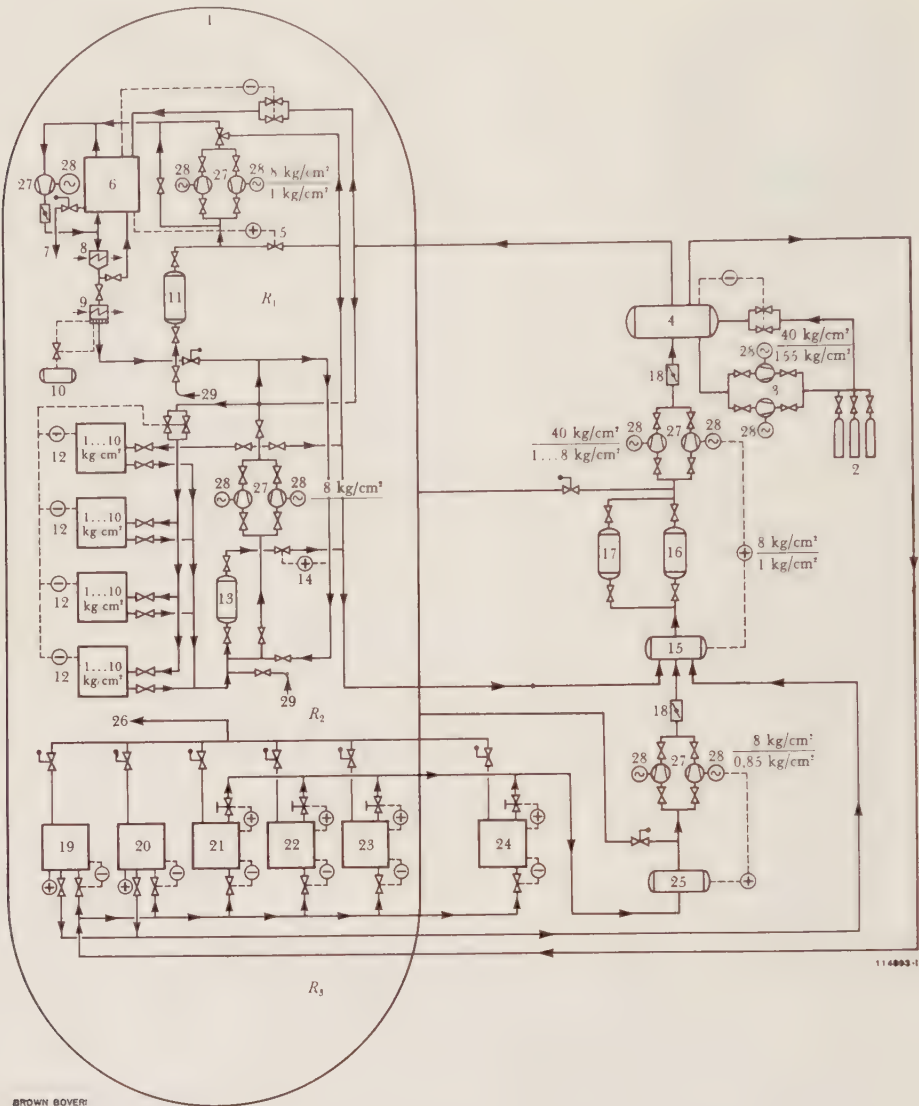


Fig. 4. — Schema dell'impianto di epurazione e decontaminazione del gas.

1, involucro di sicurezza; 2, bombole di Ne + He o di He; 3, soffiante per ricaricare il gas nelle bombole; 4, riserva di gas depurato, a 40 kg/cm²; 5, dispositivo di regolazione della pressione; 6, reattore 10 kg/cm²; 7, tubazione al refrigerante a miscela; 8, filtro di grafite con refrigerante; 9, refrigerante; 10, riserva per l'acqua di condensazione; 11, filtro di decontaminazione I; 12, setaccio di caricamento del combustibile; 13, filtro di decontaminazione II; 14, dispositivo per mantenere la pressione nel reattore in caso di guasto al filtro 13; 15, riserva tampone (1 a 8 kg/cm²); 16, filtro di decontaminazione III; 17, filtro di riserva; 18, valvole di ritenuta; 19 e 20, spazi di tenuta (10,2 kg/cm²); 21, camera di caricamento del combustibile (< 1 kg/cm²); 22, camera di comando (< 1 kg/cm²); 23, setaccio del dispositivo di caricamento (< 1 kg/cm²); 24, laboratorio di alta attività (< 1 kg/cm²); 25, riserva tampone (0,85 kg/cm²); 26, tubazione al refrigerante a miscela; 27, soffiante; 28, motore di comando; 29, tubazione del refrigerante.

Ogni elemento possiede un dispositivo di arresto automatico brusco e valvole telecomandate per l'acqua e per il vapore.

La regolazione è influenzata dall'elevato coefficiente negativo di temperatura (per cui il reattore tende a mantenere costante la sua temperatura media indipendente-

variazioni transitorie di temperatura che non superano però mai 70 °C, e sono quindi del tutto tollerabili.

Col progressivo esaurirsi del combustibile la temperatura media del reattore si va lentamente abbassando. L'effetto si può correggere aggiungendo nuovi elementi di combustibile ed estraendo quelli esauriti. N.

*

E. A. Kerez — **La centrale nucleare di Trawsfynydd al nord del Paese di Galles.** (Rev. B. B., luglio 1959, pag. 381).

E. Jantsch — **I reattori della centrale nucleare di Trawsfynydd.** (Rev. B. B., gennaio-febbraio 1960, pag. 97).

La centrale elettronucleare di Trawsfynydd di cui è in corso la costruzione per conto del Central Electricity Generating Board, è situata sui bordi del lago che si trova a occidente della città omonima e che costituisce un bacino di accumulazione per una centrale idroelettrica.

La centrale comprenderà 2 reattori e 4 gruppi turboalternatori da 145 MW. Costruttivamente (fig. 1) sarà costitui-

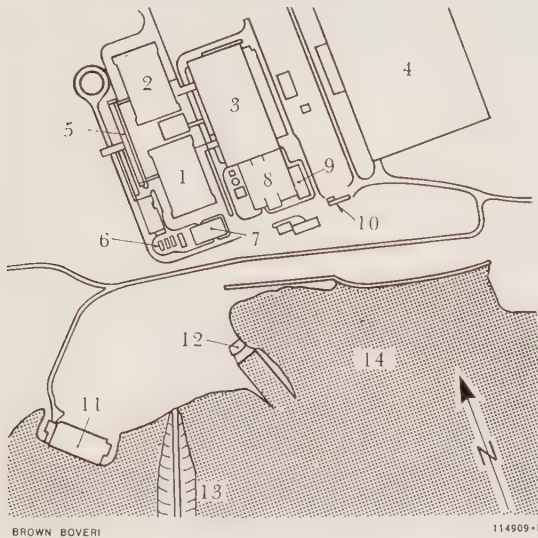


Fig. 1. — Planimetria generale dell'impianto nucleare di Trawsfynydd.

1 e 2, edifici dei due reattori; 3, sala macchine; 4, cabina all'aperto; 5, bacino di deposito del combustibile usato; 6, riserva di CO₂; 7, deposito di combustibile fresco; 8, officina; 9, edificio uffici; 10, ingresso principale; 11, stazione di pompaggio dell'acqua di circolazione; 12, uscita acqua calda; 13, argine; 14, lago di Trawsfynydd.

ta da 2 corpi separati per i 2 reattori, un edificio per la sala gruppi generatori e locali annessi, da un locale per uffici, e comprenderà anche un bacino per il deposito del combustibile usato; a fianco si svolgerà la cabina all'aperto.

I 4 gruppi turboalternatori saranno situati nella sala macchine, di 137 × 67 m.

Le turbine sono a 4 corpi e saranno alimentate da una doppia immissione di vapore a 2 diverse pressioni. Il vapore a 66 kg/cm² e 380 °C entra nel corpo ad alta pressione che comprende una ruota ad azione e una serie di stadi a reazione. All'uscita dal corpo ad alta pressione si trova la ammissione del vapore a 21,4 kg/cm² e 365 °C che passa prima in una ruota ad azione e viene poi a mescolarsi con quello proveniente dal corpo ad alta pressione che costituisce il 65% del totale. Successivamente il vapore entra, a doppio flusso, nel corpo a media pressione a reazione costituito da 2 parti simili ma opposte. Il vapore si divide in 6 flussi che passano nei 2 corpi a bassa pressione e finalmente nei condensatori.

Il condensato viene riscaldato a 105 °C, in 3 rigeneratori, per mezzo di prese di vapore dal corpo a media pressione, dall'uscita da esso e dal corpo a bassa pressione. Al carico di 145 MW, per il quale si ha il rendimento massimo, la pressione al condensatore scende a 0,04 kg/cm². A pieno carico la centrale richiederà una portata d'acqua di 160 000 m³/h che sarà prelevata dal vicino lago.

La pressione d'ingresso nel corpo a bassa pressione è di 0,5 kg/cm²; il vapore è molto umido e perciò nella condotta fra il corpo a media e quello a bassa pressione sono installati separatori d'acqua di tipo speciale. Il problema ha presentato particolari difficoltà perché il peso

di vapore che esce dal corpo a media pressione, nel funzionamento a pieno carico di 145 MW, è di circa 565 t/h e il suo grado di umidità arriva a quasi 11% il che significa che si devono evacuare circa 62 t/h di acqua.

Gli alternatori saranno da 170 MVA, cos $\varphi = 0,85$, a 16,5 kV, con rapporto di corto circuito 0,4. L'avvolgimento statorico sarà raffreddato ad acqua; il rotore e il ferro dello statore saranno raffreddati a idrogeno. Le sbarre del rotore sono cave e percorse da una corrente di idrogeno avente una pressione d'ingresso di 3 kg/cm². Le eccitatrici, da 600 kW a 950 giri/min, saranno comandate dall'albero principale con riduttori a ingranaggi.

A ogni alternatore sarà collegato un trasformatore di 157 MVA, 16,5/275 kV. La potenza globale garantita dalla centrale è di 500 MW.

Per il servizio d'alimentazione d'acqua di circolazione per i condensatori si è dovuto costruire un lungo argine che divide la stazione di pompaggio dell'acqua fresca dalla bocca di scarico dell'acqua calda.

I reattori. — I reattori della centrale di Trawsfynydd sono del tipo a uranio naturale, moderati a grafite e raffreddati con circolazione di CO₂, analogamente a quelli delle altre centrali nucleari inglesi. Il nucleo comprende 3 720 canali verticali per le sbarre di combustibile e sarà circondato da una sfera di acciaio di 19 m di diametro.

La pressione del gas circolante sarà di 18 kg/cm², superiore a quella finora usata.

A ogni reattore saranno associati 6 scambiatori di calore cilindrici di 5,5 m di diametro interno e 35 m di altezza; ogni scambiatore comprende 6 fasci di tubi vaporizzatori.

La circolazione del gas sarà ottenuta, per ciascun scambiatore, mediante una soffiante assiale a un solo stadio, comandata da un motore asincrono da 4 500 kW, 2 950 giri/min direttamente accoppiato. La velocità della soffiante è costante e la portata sarà regolata mediante laminazione del gas e con un by-pass.

Ognuno dei due reattori sarà montato in un edificio indipendente, di 90 × 55 m, e alto 55 m (fig. 2).

Il nucleo del reattore, composto di 9 strati di blocchi di grafite rappresenta, in pianta, un poligono di 24 lati. Esso è attraversato verticalmente da 3 720 canali di raffreddamento e da 241 canali per le sbarre di regolazione.

I canali di raffreddamento, che contengono le cartucce di combustibile, sono formati da condotti di grafite i quali sono separati dai blocchi moderatori, pure di grafite, da un isolamento termico.

La temperatura dei blocchi moderatori sarà abbastanza elevata per ridurre alquanto l'effetto Wigner senza bisogno di ricorrere al riscaldamento periodico del moderatore. I condotti di grafite possono venire cambiati senza interrompere il funzionamento del reattore.

In ogni canale si trovano 9 cartucce di combustibile, sovrapposte, costituite da sbarre di uranio con guaina di lega di magnesio. Gli studi sulla trasmissione del calore e sulle perdite di carico hanno consigliato di aumentare la superficie esterna delle guaine: i tubi, a nervature longitudinali, vengono sottoposti a torsione e acquistano l'aspetto di viti a filetti multipli (fig. 3). Quattro alette longitudinali riportate, dividono in 4 settori lo spazio in cui circola il gas di raffreddamento e servono per centraggio e anche per dare una turbolenza favorevole alla trasmissione del calore.

Una parte dei canali di raffreddamento sono provvisti di dispositivi di strozzamento destinati a spingere la produzione di calore il più alto possibile e ottenere in tutti i canali una temperatura prossima a 440 °C considerata come un massimo per la guaina del combustibile. I dispositivi di strozzamento sono intercambiabili e il reattore presenta la particolarità di permettere la ricerca del regime ottimo.

Per mantenere sempre più uniforme possibile, nella direzione radiale, la distribuzione del flusso dei neutroni, si possono introdurre 185 sbarre di regolazione in 241 ca-

nali raggruppandole in vario modo. Inoltre l'eccesso di reattività di una carica fresca del reattore viene compensata mediante sbarre di acciaio inossidabile, in numero massimo di 24 distribuite nei canali delle sbarre di rego-

mente in recipienti sotto pressione provvisti di schermi. Organi telescopici mossi pneumaticamente permettono di collegarli a un condotto e per mezzo di esso le sbarre di combustibile possono venire introdotte in ciascuno dei

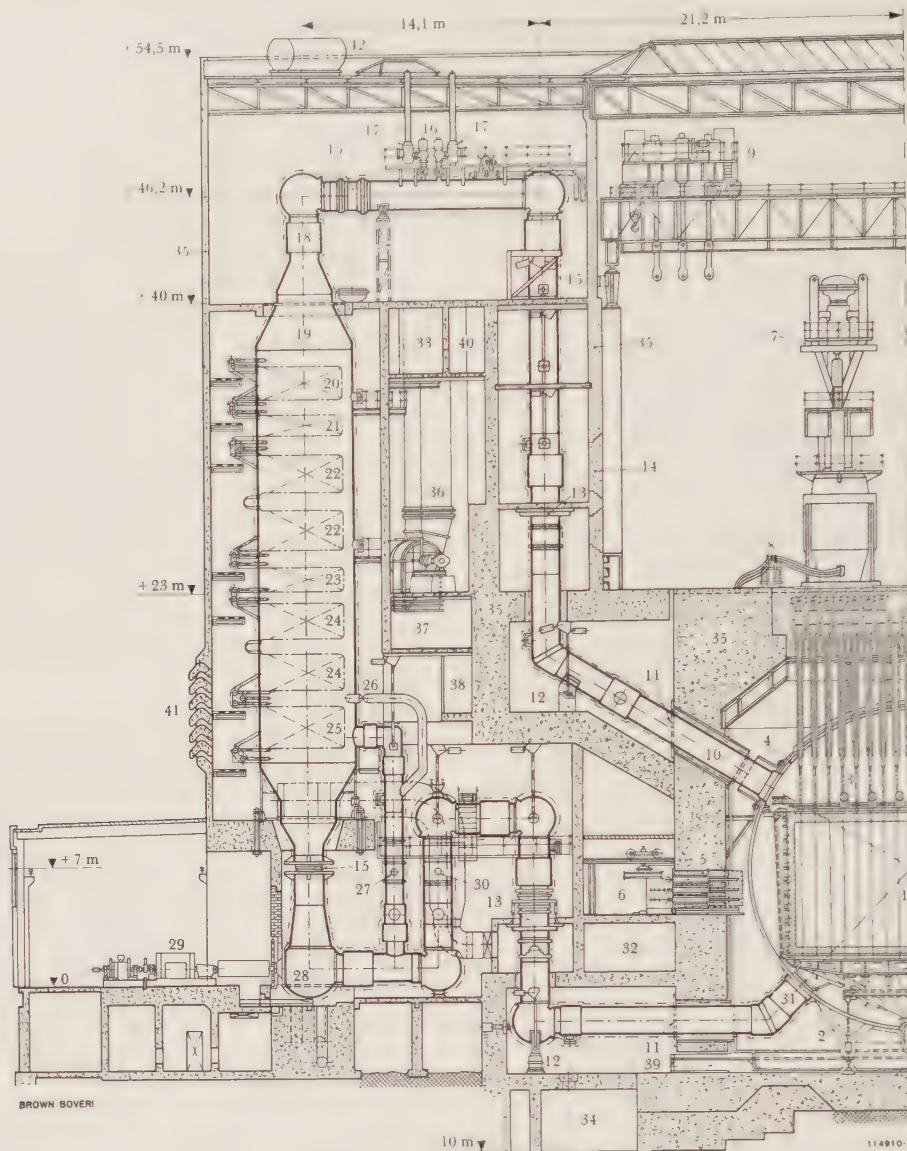


Fig. 2. — Sezione dell'edificio di un reattore.

1, nucleo; 2, supporto del nucleo; 3, tubi di caricamento; 4, contenitore a pressione; 5, dispositivo per introduzione degli apparecchi di misura; 6, locale camere di ionizzazione; 7, macchina di caricamento; 8, carrello portacavi; 9, gru da 450 t; 10, uscita CO₂ calda; 11, attraversamento ventilato; 12, supporto del tubo; 13, valvola principale; 14, passo d'uomo; 15, giunto di dilatazione; 16, valvole di sicurezza per CO₂; 17, filtro di sicurezza per CO₂; 18, manicotto di dilatazione; 19, scambiatore di calore; 20 e 21, surriscaldatori del vapore alla pressione superiore o inferiore; 22, generatore di vapore a pressione superiore; 23, riscaldatore di vapore a pressione superiore; 24, generatore di vapore a pressione inferiore; 25, riscaldatore comune; 26 e 27, valvole ausiliarie e principali di derivazione di CO₂; 28, soffiante di CO₂ fredda; 29, motore della soffiante; 30, valvole; 31, ventola CO₂ fredda; 32, motori delle valvole; 33, condutture di vapore; 34, bacino per rifiuti radicativi; 35, schermo di cemento; 36, soffiante per l'aria di raffreddamento degli schermi; 37, camera di equilibrio all'uscita da 36; 38, camera di filtrazione dell'aria proveniente da 37; 39, tubazione d'entrata dell'aria di raffreddamento degli schermi; 40, tubazione di uscita dell'aria di raffreddamento degli schermi; 41, persiane di ventilazione della sala degli scambiatori di calore; 42, ventilatore aspirante dell'aria della sala degli scambiatori di calore.

lazione delle zone esterne: esse possono venire manovrate con la macchina usata per il caricamento.

Per l'involucro a pressione del reattore si è adottata la consueta costruzione sferica in acciaio saldato in posto, con spessore di 89 mm. Il diametro, come si è detto, è di 19 m. Questo diametro, relativamente piccolo, si è potuto tenere grazie a una costruzione compatta di tutto il complesso. I 241 condotti per le sbarre di regolazione e per il carico e lo scarico penetrano dall'alto nella sfera e sono stati disposti in modo da ridurre lo spazio necessario.

Le due macchine per il caricamento del reattore, che possono essere spostate con una gru a ponte da 450 t per servire ognuno dei 241 condotti, consistono principal-

mente in recipienti sotto pressione provvisti di schermi. Organi telescopici mossi pneumaticamente permettono di collegarli a un condotto e per mezzo di esso le sbarre di combustibile possono venire introdotte in ciascuno dei

16 canali di raffreddamento corrispondenti, oppure venire estratte. Lo schema del circuito del gas di raffreddamento è indicato in fig. 4. Contrariamente a quanto si è fatto a Calder Hall, si sono adottate soffiante a velocità costante, con notevole economia di spesa. Poiché la centrale avrà funzionamento di base, la costanza della velocità della soffiante non presenta inconvenienti; tuttavia, per evitare variazioni nella temperatura del gas quando cessi la potenza del reattore si è disposto, all'uscita di ogni soffiante, una derivazione che rimanda il gas attraverso i primi stadi degli scambiatori di calore.

Le valvole di regolazione del circuito principale sono

disposte in modo che, anche chiuse, lasciano passare una certa corrente gassosa cosicchè anche in caso di arresto completo del reattore e delle soffianti, può verificarsi una eliminazione sufficiente, per convezione, del calore pro-

tamburo è comandato da un motore a magneti permanenti che regola la velocità di spostamento delle sbarre. Inoltre 24 condotti contengono sbarre di sicurezza a spostamento rapido, esse vengono impiegate soltanto in



Fig. 3. — Elemento di combustibile, con tolta una parte della guaina di grafite.

dotto dalla disintegrazione degli elementi di combustibile.

Le soffianti sono comandate da un motore asincrono al quale è accoppiato un volano che mantiene l'afflusso del gas per 20 minuti ancora nel caso di una eventuale messa fuori servizio del motore.

caso di urgenza e arrestano bruscamente le reazioni a catena anche qualora tutte le sbarre di regolazione fossero estratte.

Sono stati fatti studi molto accurati riguardo al coefficiente di temperatura della reattività che, nei reattori di

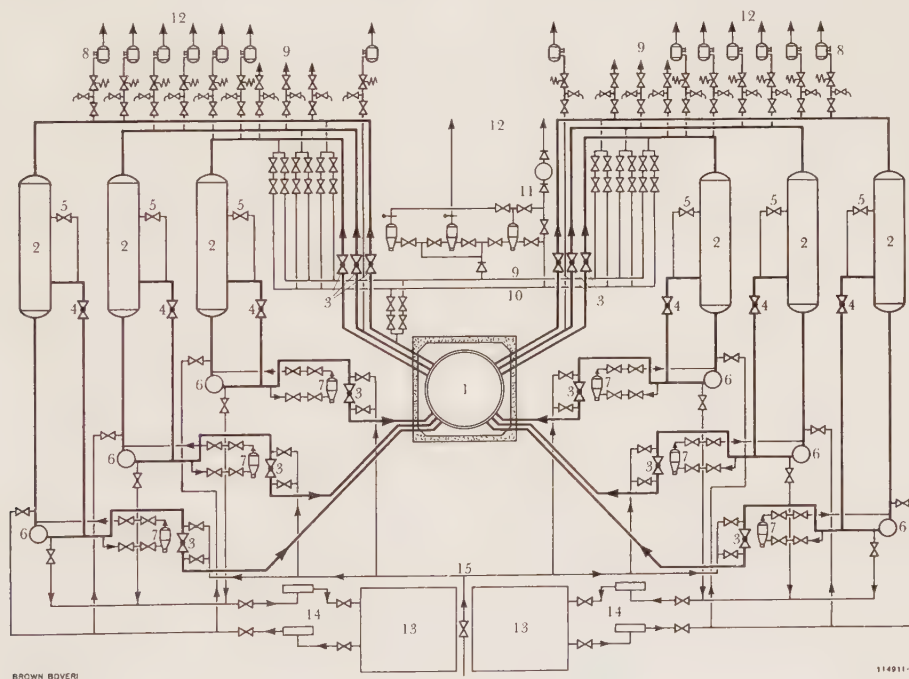


Fig. 4. — Schema della circolazione del gas di raffreddamento in uno dei due reattori.

1, reattore; 2, scambiatore di calore; 3, valvola principale; 4 e 5 valvole di derivazione, ausiliaria e principale; 6, soffiante; 7, derivazione per epurazione; 8, valvola di sicurezza e filtro; 9, condotto di scappamento; 10, conduttura di vuoto; 11, impianto di scappamento e di evacuazione; 12, uscita nella atmosfera; 13, impianto di essiccazione CO_2 ; 14, filtro per il gas; 15, conduttura di CO_2 ai circuiti principali.

La regolazione dell'impianto è affidata a 2 sistemi automatici indipendenti.

La apertura delle valvole di derivazione è regolata in funzione della frequenza dell'alternatore e della pressione del vapore, mentre l'adattamento più lento della potenza del reattore a una variazione del carico è ottenuta regolando la temperatura di uscita del gas di raffreddamento mediante comando automatico di 9 sbarre di regolazione.

Queste sbarre, in acciaio al boro con guaina di acciaio inossidabile, sono sospese a un cavo che passa su un tamburo e penetrano più o meno nel nucleo del reattore. Il

questo tipo, diventa sempre positivo dopo un certo tempo. Si è riconosciuto che possono prodursi lente fluttuazioni della potenza in gioco nel nucleo del reattore, in senso radiale ma non nel senso assiale. Per rimediare a questo inconveniente il nucleo del reattore è stato diviso in zone che, in ragione delle grandi dimensioni del reattore e delle lunghezze di migrazione molto più piccole dei neutroni, si comportano come piccoli reattori indipendenti; in ciascuna di queste zone si è prevista una sbarra di regolazione a comando automatico speciale per smorzare le variazioni locali di potenza che potrebbero manifestarsi.

PROGRESSI REALIZZATI NEL PROGETTO DELL'IMPIANTO DI TRAWSFYNYDD.

Se si confrontano i costi per kW installato, espressi in franchi svizzeri delle centrali nucleari recenti, disposte in ordine di tempo dell'ordinazione, si riconosce una costante sensibili diminuzione, che si ripercuote favorevolmente sull'onere fisso gravante sul costo del kW prodotto. I valori sono i seguenti:

Centrale di Calder Hall	2200 fr/kW
» » Bradwell	1750 »
» » Berkeley	1730 »
» » Hunterston	1630 »
» » Hinkley Point	1460 »
» » Latina	1540 »
» » Trawsfynydd	meno di . . 1350 »

Si prevede che la centrale di Trawsfynydd (sulla base di una utilizzazione del 75%, di un ammortamento in 20 anni e di un tasso di interesse di 5,5 %) possa produrre il kWh al prezzi di 3,5 centesimi di franco svizzero, il che corrisponde a circa 10 % in più del prezzo del kWh prodotto dalle moderne centrali inglesi a carbone.

Per quanto riguarda le temperature in gioco bisogna ricordare che per le sbarre di combustibile non si deve superare la temperatura di 662 °C alla quale avviene la trasformazione allotropica dalla fase α alla base β dell'uranio. Un limite di temperatura esiste anche per le guaine delle cartucce per mantenere le loro caratteristiche favorevoli; per il Magnox A12 questo limite è a 440 °C.

Il progresso possibile in questo campo consiste principalmente in una riduzione del salto di temperatura dovuto allo spazio che isola le sbarre di uranio dalle guaine. Il reattore di Trawsfynydd è stato progettato per un valore di 0,5 °C per W/cm² ma sembra che sia possibile una ulteriore riduzione con l'impiego di nuovi materiali per le guaine e di elementi combustibili tubolari.

Per il reattore di Trawsfynydd si è potuto basarsi, per la costruzione, sullo stato di equilibrio raggiunto nel ciclo del combustibile e non sullo stato iniziale del nucleo e ciò facendo ricorso a calcolatrici elettroniche numeriche. In causa della distribuzione non uniforme della temperatura lungo i canali di raffreddamento, si producono deformazioni non trascurabili della curva di sviluppo del calore (la quale, per una temperatura uniforme è sinusoidale) e spostamenti notevoli del punto, definito dall'equazione di Ginn, dove è massima la temperatura della guaina. La conoscenza più esatta dello stato susseguente ha permesso di rinunciare a prevedere margini di sicurezza, come si era costretti a fare precedentemente.

Le condizioni del vapore che si sarebbero potute ottenere elevando la temperatura di uscita del gas avrebbero potuto essere alquanto più favorevoli di quelle indicate in tabella II ma va tenuto conto anche dell'influenza, sul rendimento netto, di altri fattori come il consumo proprio delle soffianti.

I reattori tipo Calder Hall sono economici soltanto per grandissime potenze. Si è cercato quindi di aumentare la densità di potenza nel nucleo dei reattori aumentando la pressione del gas e migliorando l'evacuazione del calore, e realizzando una migliore utilizzazione dello spazio disponibile entro l'involucro a pressione.

L'ostacolo principale dipende dal massimo spessore dell'involucro di acciaio, che deve venire saldato in posto:

TABELLA I. - Caratteristiche della Centrale di Trawsfynydd.

- Potenza installata 580 MW (garantita) 500 MW.
Potenza termica 2×870 MW.
- Gas di raffreddamento CO₂ a 17,9 kg/cm² (entrata:
temperatura di entrata nel reattore 200 °C; temperatura di uscita dal reattore 399 °C; portata per ogni reattore 4080 kg/s.
- Nucleo del reattore:
diametro equivalente della parte attiva 13,65 m; altezza della parte attiva 7,31 m; diametro equivalente, riflettore compreso, 14,60 m; altezza, compreso il riflettore, 8,40; canali di raffreddamento 3720; scartamento fra i canali 0,97 m; peso totale di grafite (per ogni reattore) 1900 t.
- Elementi combustibili (uranio naturale):
diametro sbarre 28,6 mm; lunghezza 715 mm; sbarre (per canale 9), per reattore 33 480; peso di uranio, per reattore, 280 t.
- Sbarre di regolazione (acciaio al boro) n. 185:
diametro 63,6 mm; lunghezza 7,93 m; peso 97 kg.
- Temperatura nel nucleo:
guaine (max) 440 °C; sbarre centrali (max) 585 °C; moderatore (media) 360 °C.
- Contenitore a pressione (sferico):
diametro 18,59 m; spessore 89 mm.
- Soffianti, assiali ad uno stadio, a 2950 giri/min:
numero, per reattore, 6 da 4500 kW.
- Tubazioni del gas (6 per reattore):
diametro 1,67 m; spessore parete 23,8 mm.
- Scambiatori di calore (6 per reattore):
diametro 5,48 m; altezza 35,3 m.
- Gruppi generatori:
numero 4 da 145 MW, a 3000 giri/min.
- Turbine:
vapore all'entrata: pressione superiore 379 °C, 66,1 kg/cm²; a pressione inferiore 363 °C, 21,4 kg/cm²;
portata: a pressione superiore 393 t/h; a pressione inferiore 211 t/h.
Pressione al condensatore 0,04 kg/cm².
Temperatura finale dell'acqua di alimentazione 105 °C.

TABELLA II.

Centrale	Temperatura gas all'uscita dal reattore °C	Vapore alla pressione superiore		Vapore alla pressione inferiore		Rapporto fra le 2 portate	Rendimento globale (riferito alla potenza netta garantita) %
		°C	kg/cm ²	°C	kg/cm ²		
Calder Hall	336	311	14,0	177	4,6	77/23	18,9
Bradwell	390	371	52,3	371	13,7	66/34	28,3
Berkeley	345	319	21,8	316	5,1	68/32	24,8
Hunterston	394,5	369	39,7	346	10,7	67/33	28,0
Hinkley Point	373	360	44,2	346	11,5	64/36	26,0
Latina	390	373	52,8	373	14,4	66/34	28,4
Trawsfynydd	399	379	66,1	363	21,4	65/35	28,8

TABELLA III.

Centrale	Potenza elettrica netta per reattore MW	Potenza termica per reattore MW	Pressione del gas all'entrata nel reattore kg/cm ²	Densità di potenza nel nucleo del reattore kW/m ³	Potenza riferita al peso di uranio MW/t	Utilizzazione del contenitore a pressione %	Densità di potenza nell'interno del contenitore kW/m ²
Calder Hall	38	201	8,0	445	1,58	36,5	94
Bradwell	150	531	10,3	579	2,23	30,2	116
Berkeley	138	537,4	9,8	563	2,20	34,5	125
Hunterston	150	535	11,5	530	2,13	31,6	105
Hinkley Point	250	960	14,0	725	2,55	39,0	216
Latina	200	705	14,7	713	2,68	33,9	159
Trawsfynydd	250	870	17,9	823	3,11	41,5	260

tale limite era di 50,8 mm ai tempi della costruzione di Calder Hall ma è attualmente di 89 mm per le centrali di Trawsfynydd e di Latina.

Grazie allo studio dei supporti del nucleo, poco ingombranti, e della riduzione dell'ingombro dei condotti e dei dispositivi per il carico e lo scarico che si trovano sopra al nucleo, si è potuto elevare a 41,5 % la utilizzazione dello spazio interno del contenitore a pressione per il nucleo col suo riflettore. I progressi raggiunti a Trawsfynydd risultano dalla tabella III.

Poichè lo scartamento e il diametro delle sbarre del combustibile nei reattori a uranio naturale moderati a grafite non possono essere variati che entro limiti molto ristretti, un ulteriore aumento della densità di potenza non può essere ottenuto che ricorrendo a uranio arricchito.

Alla diminuzione del costo per unità installata, hanno concorso anche la costruzione più compatta degli scambiatori di calore, l'impiego di turbine di maggiore potenza e di soffianti a velocità costante.

N.

NOTIZIE SOCIALI

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA



NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI FIRENZE

Il giorno 19 marzo 1961 alle ore 9,30 in prima convocazione ed alle ore 10 in seconda, si è riunita nei locali dell'Associazione Industriali, via Valfonda, 9 - Firenze, l'**Assemblea generale ordinaria dei soci** della Sezione col seguente:

ORDINE DEL GIORNO

- 1 - Relazione della Presidenza.
- 2 - Approvazione del bilancio consuntivo anno 1960 e preventivo 1961.
- 3 - Nomina a Socio Emerito del dr. ing. Fosco De Vecchi.
- 4 - Conferimento dei premi « Alberto Picchi » e « Vittorio Sermanni ».
- 5 - Nomina di un Consigliere Delegato.
- 6 - Varie ed eventuali.

L'Assemblea era stata convocata a norma di Statuto mediante invito scritto diramato a tutti i Soci, 15 giorni prima.

Il Presidente fa un'ampia relazione sull'attività svolta dalla Sezione per il 1960. Le manifestazioni sono state le seguenti:

Manifestazioni	Anno 1960
— Assemblea Gen. Ord. Soci della Sezione	n. 1
— Riunioni del Consiglio di Sezione . . .	n. 2
— Conferenze o proiezioni tenute in Sezione	n. 7
— Visita alla centrale termoelettrica della S.A.D.E. a Porto Corsini e allo Stabilimento S.N.A.M. a Ravenna	
— Gita sociale alle Isole Eolie, a Palermo, Selinunte e Agrigento	n. 2

Il Presidente dà inoltre lettura del movimento soci nello scorso anno che risulta il seguente:

Soci al	31-12-58	31-12-59	31-12-60
— Individuali	325	311	289
— Juniores	64	83	64
— Collettivi	16	12	13
— Perpetui	2	2	2
— Emeriti	1	2	2
Totale	408	410	370

Il presidente rivolge un deferente pensiero ai Soci scomparsi:

1960	Prof. Giuseppe Revessi - Firenze
	Ing. Guido Rasponi - Firenze
1961	Ing. Augusto Stigler - Firenze
	Sig. Guido Corridi - Firenze

invitando l'Assemblea ad un momento di raccoglimento.

Vengono intanto distribuite per l'approvazione le copie del bilancio consuntivo 1960 e preventivo 1961.

Con simpatiche parole il Presidente rivolge il suo pensiero al dr. ing. Fosco De Vecchi nominato recentemente *Socio Emerito* per la sua appartenenza all'AEI per un attivo cinquantennio. L'ing. De Vecchi, data la tarda età, non è intervenuto alla cerimonia, ma ha inviato una lettera di ringraziamento.

Il Presidente ricorda ai soci i premi amministrati dall'AEI,

premi il cui conferimento trova stranamente pochi concorrenti. Si tratta dei premi:

Jona - Bianchi - Righi - Pugno Vanoni - Lori - Vallauri - Ferraris - Panzarasa.

Si chiede da parte di qualche socio, direttore di azienda, che questi premi vengano maggiormente propagandati con infissione di cartelli murali da distribuire alle aziende o scuole interessate.

Passa quindi al conferimento dei premi locali « Alberto Picchi » e « Vittorio Sermanni », consistenti in medaglie d'oro ricordo, rispettivamente conferiti:

— al diplomato perito industriale elettricista Franco Pacagnini e all'allievo Bianchi Marcello

entrambi dell'Istituto Tecnico Industriale « Leonardo da Vinci », ai quali rivolge parole d'incitamento e di augurio.

Per l'avvicendamento di un Consigliere Delegato è stato proposto il dr. ing. Giorgio Barsi ed è stato estratto a sorte il nome del Consigliere uscente che è risultato l'ing. Corrado Benadi.

Il Presidente informa dell'esito della campagna per la rivista « Alta Frequenza » che ha portato qualche nuovo socio e qualche abbonato e chiede ai presenti la loro collaborazione.

Per l'attività della Sezione per il 1961 è prevista una visita alla base marina per perforazioni della Nuova Pignone a Marina di Carrara e una gita sociale alle centrali dell'Alta Italia.

Il Presidente rivolge un ringraziamento ai suoi collaboratori del Consiglio e, vivamente applaudito, toglie la seduta.

BILANCIO CONSUNTIVO (anno 1960)

ENTRATE

Ordinarie.			
Quote sociali:			
N. 216	a L.	3 600	L. 842 400
» 70	»	4 600	» 252 000
» 77	»	2 500	» 192 500
» 3	»	6 700	» 20 100
» 1	»	8 000	» 8 000
» 2	»	8 240	» 16 480
» 3	»	20 600	» 61 800
» 1	»	20 000	» 20 000
» 2	»	72 100	» 144 200
» 1	»	103 000	» 103 000
		L.	1 660 480
Quote arretrate		»	7 593
Interessi:			
c.c. Selt-Valdarno		»	77 916
c.c. Postale		»	717
Totale		L.	1 746 616

USCITE

Ordinarie.	
Contributi Sede Centrale	L. 1 335 740
Spese varie.	
Posta e bolli	» 182 230
Stampa	» 35 500
Attività della Sezione della Sede	» 52 700
Straordinarie.	
Fondo sistemazione della Sede	» 125 000
Avanzo di cassa	» 15 446
Totale	

SITUAZIONE PATRIMONIALE al 31 dicembre 1960

ATTIVO

Cassa	L. 1 553 223
Attrezzatura	» 1
Totale	

PASSIVO

Cassa al 31-12-1959	L. 162 777
Fondo sistemazione Sede	» 1 375 000
Attrezzatura	» 1
Avanzo di cassa	» 15 446
Totale	L. 1 553 224

BILANCIO PREVENTIVO
(per l'anno 1961)

ENTRATE

<i>Ordinarie.</i>			
Quote sociali:			
N. 210	a L.	3 900	L. 819 000
» 70	»	3 600	» 252 000
» 80	»	2 500	» 200 000
» 3	»	6 700	» 20 100
» 3	»	8 240	» 24 720
» 4	»	20 600	» 82 400
» 2	»	72 100	» 144 200
» 1	»	103 000	» 103 000
			L. 1 645 420

<i>Interessi.</i>			
c.c. Selt-Valdarno			» 84 000
c.c. Postale			» 580

Totale L. 1 730 000

USCITE

<i>Ordinarie.</i>			
Contributi Sede Centrale:			
N. 280	a L.	3 000	L. 840 000
» 80	»	2 250	» 180 000
» 3	»	3 500	» 10 500
» 3	»	6 000	» 18 000
» 4	»	16 000	» 64 000
» 2	»	50 000	» 100 000
» 1	»	70 000	» 70 000
			L. 1 282 500

<i>Spese varie.</i>			
Posta e bolli			» 187 500
Stampa			» 60 000
Attività della Sezione e funzionamento sede			» 200 000

Totale L. 1 730 000

FONDAZIONE ALBERTO PICCHI

BILANCIO CONSUNTIVO
anno 1960

ENTRATE

Avanzo Cassa al 31-12-1959	L. 9 299
Interessi Buoni Tesoro	» 2 250
Interessi Obbl. IMI	» 6 000
Rimborso 20 Obbl. IMI	» 20 000
Totale	L. 37 549

USCITE

Premio A. Picchi anno 1960	L. 7 000
Acquisto 20 Obbl. IMI	» 20 510
Avanzo di cassa	» 10 039
Totale	L. 37 549

SITUAZIONE PATRIMONIALE
al 31 dicembre 1960

ATTIVO

In cassa	L. 10 039
Buoni del Tesoro	» 45 000
Obbligazioni IMI	» 100 000
Totale	L. 155 039

PASSIVO

Capitale al 31-12-1959	L. 145 000
Avanzo di cassa	» 10 039
Totale	L. 155 039

FONDAZIONE VITTORIO SERMANNI

BILANCIO CONSUNTIVO
anno 1960

ENTRATE

Avanzo di cassa al 31-12-1959	L. 1 900
Interessi rendita	» 3 500
Totale	L. 5 400

USCITE

Premio V. Sermanni	L. 3 000
Avanzo di cassa	» 2 400
Totale	L. 5 400

SITUAZIONE PATRIMONIALE
al 31 dicembre 1960

ATTIVO

Cassa	L. 2 400
Rendita 5%	» 70 000
Totale	L. 72 400

PASSIVO

Patrimonio al 31-12-1959	L. 70 000
Avanzo di cassa	» 2 400
Totale	L. 72 400

*

SEZIONE VENETA

Il giorno 15 marzo 1961 alle ore 17,30, in seconda convocazione, ha avuto luogo presso l'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Padova, l'Assemblea generale dei soci con il seguente

ORDINE DEL GIORNO

1. - Comunicazioni del Presidente.
2. - Bilancio consuntivo 1960.
3. - Bilancio preventivo 1961.
4. - Varie ed eventuali.

I soci presenti erano 73.

Il Presidente ing. Gatto ha ricordato all'inizio i soci scomparsi, invitando i presenti ad un minuto di raccoglimento, quindi ha messo al corrente l'Assemblea di quanto in precedenza illustrato al Consiglio.

Ha aggiunto che in seguito all'intensa azione svolta con l'intento di acquistare nuovi soci, nel 1960 si sono avute molte nuove iscrizioni, il cui effetto è in parte annullato dai numerosi trasferimenti e soprattutto dal notevole numero di soci morosi che è stato necessario radiare, precisando che spesso questa morosità non è dovuta all'entità della quota ma a trascuratezza.

Parlando dell'aumento degli abbonamenti alla rivista «Alta Frequenza» l'ing. Gatto ha rilevato che la nostra Associazione si è assunta un onere notevolissimo per questa nuova pubblicazione, per cui si conta su altre adesioni, condizione indispensabile perchè abbia vita. Tenuto conto del rapido sviluppo dell'elettronica e quindi del notevole incremento del numero dei tecnici che si occupano di questo ramo, il nostro Presidente Generale ha molta fiducia in una rapida diffusione di «Alta Frequenza». Ha poi proseguito dicendo che l'iscrizione alla Associazione Elettrotecnica non deve venire considerata solo sotto l'aspetto dei vantaggi personali che sono già notevoli, derivanti dalle riviste e dalla partecipazione all'attività culturale, ma deve rappresentare anche un doveroso contributo da dare a questa nostra Associazione che svolge compiti così preziosi per tutti gli elettrotecnici: quali la compilazione delle norme attraverso il CEI, il mantenimento dei rapporti internazionali con le varie Associazioni estere, l'amministrazione e assegnazione di premi e borse di studio, l'organizzazione di congressi, la cura di pubblicazioni tecniche varie e molti altri compiti.

Per questo ha chiesto a tutti i Soci la loro attiva collaborazione affinché vogliano adoperarsi, attraverso amicizie e conoscenze, per ottenere nuovi iscritti.

Approvati dall'Assemblea i bilanci consuntivo e preventivo, il presidente ha proposto la nomina dei due nuovi consiglieri delegati ing. Giacomuzzi e ing. Vigevani, in sostituzione degli ingg. Parise e Mariutti.

L'Assemblea approvava all'unanimità.

Infine il Presidente ha ringraziato vivamente i suoi più diretti collaboratori per l'impegno dedicato al buon andamento delle attività della sezione.

L'ing. Gatto ha successivamente presentato il conferenziere dr. ing. Giovanni Frate che ha tenuto una conferenza dal titolo «Guasto evolutivo e guasto chilometrico, particolari sollecitazioni degli interruttori».

BILANCIO AL 31 DICEMBRE 1960

U SCITE

ENTRATE			
In cassa al 31-12-1959	L. 1 242 957,80		
<i>Incasso quote.</i>			
<i>Crediti soci morosi 1959:</i>			
N. 2 individuali a L.	3 300	L.	6 600
» 1 collettivi 3 ^a cat.	25 000		25 000
		L.	31 600
<i>Quote anno 1960.</i>			
<i>Soci a quota ridotta:</i>			
N. 1 juniores »	2 000	»	2 000
» 1 individuali (versate in conto) »	1 700	»	1 700
» 1 individuali »	3 300	»	3 300
<i>Soci regolari a quota intera.</i>			
» 54 »	2 500	»	135 000
» 413 individuali »	4 000	»	1 652 000
» 8 coll. 1 ^a cat. »	4 500	»	36 000
» 5 » 2 ^a » »	10 000	»	50 000
» 6 » 3 ^a » »	25 000	»	150 000
» 4 » 4 ^a » »	50 000	»	200 000
» 5 » 5 ^a » »	75 000	»	375 000
» 1 » 6 ^a » »	100 000	»	100 000
			2 705 000
<i>Conto terzi.</i>			
N. 2 Alta Frequenza a L.	2 400	L.	4 800
Quota Pieropan »	4 000		4 000
			8 800
<i>Varie.</i>			
Recupero IGE L.	25 590		
<i>Recupero quote stornate 1959:</i>			
N. 1 juniores a L.	1 550	»	1 550
» 8 individuali »	3 300	»	26 400
		»	27 950
Varie »		»	6 500
Marche IGE e francobolli in cassa »		»	26 489
		L.	4 074 886,80
Interessi attivi »		»	39 578
		L.	4 114 464,80

U SCITE

<i>Versamenti a Ufficio Centrale.</i>	
A saldo quote 1959 (prot. 802/R del 15-2-60)	L. 843 823
In conto quote 1960 (prot. 573/RE 2-2-60; 1086/RE 1-3-60; 1757/RE 31-3-60; 1955/RE 15-4-60; 2366/RE 2-5-60; 3918/RE 15-7-60; 4758/RE 31-8-60; 5174/RE 30-9-60; 26/RE 31-12-60)	» 1 094 100
<i>Varie.</i>	
Acquisto IGE L.	96 755
Postali »	130 865
Stampati - cancelleria »	81 382
Culturali »	58 120
Amministrative e compensi al personale »	173 000
Varie e banca »	5 080
	» 545 202
	L. 2 483 125
In cassa al 31 dicembre 1960	» 1 631 339,80
	L. 4 114 464,80

CONTO CONSUNTIVO
esercizio anno 1960

Residuo attivo al 31-12-59	L. 782 284,80
--------------------------------------	---------------

RENDITE E SPESE

<i>Contributi soci al 31-12-60:</i>			
N. 68 juniores a L.	2 500	L.	170 000
» 459 individuali »	4 000	»	1 836 000
» 10 coll. 1 ^a cat. »	4 500	»	45 000
» 5 » 2 ^a » »	10 000	»	50 000
» 6 » 3 ^a » »	25 000	»	150 000
» 4 » 4 ^a » »	50 000	»	200 000
» 5 » 5 ^a » »	75 000	»	375 000
» 1 » 6 ^a » »	100 000	»	100 000
<i>Soci a quota ridotta:</i>			
N. 1 juniores »	2 000	»	2 000
		»	2 928 000
<i>Conto Terzi:</i>			
N. 2 Alta Frequenza »	2 400	»	4 800
Quota Pieropan »	4 000	»	4 000
		»	8 800
<i>Varie:</i>			
Recupero IGE »		»	25 590
<i>Recupero quote stornate 1959:</i>			
N. 1 juniores a L.	1 550	»	1 550
» 8 individuali »	3 300	»	26 400
Varie »		»	6 500
		»	60 040
Marche e francobolli in cassa »		»	26 489
Interessi attivi »		»	39 578
		L.	3 062 907

Competenze a Uff. Centrale (add. prot. 801/RE 15-2-60; RE. 30-12-60; 3918/RE 15-7-60):

Soci radiati I semestre:

N. 1 juniores a L.	560	L.	560
------------------------------	-----	----	-----

Soci radiati 2° semestre:

N. 1 individuali »	1 500	»	1 500
------------------------------	-------	---	-------

Soci regolari a quota intera:

N. 68 juniores a L.	2 250	»	153 000
» 459 individuali »	3 000	»	1 377 000
» 10 coll. 1 ^a cat. »	3 500	»	35 000
» 5 » 2 ^a » »	6 000	»	30 000
» 6 » 3 ^a » »	16 000	»	96 000
» 4 » 4 ^a » »	32 000	»	128 000
» 5 » 5 ^a » »	50 000	»	250 000
» 1 » 6 ^a » »	70 000	»	70 000
		L.	2 141 060

Conto terzi:

N. 2 Alta Frequenza »	2 400	»	4 800
Quota Pieropan »	4 000	»	4 000
		»	8 800

N. 3 quote 1961 »	3 000	»	9 000
-----------------------------	-------	---	-------

(Raengo - Scudellari - Vassanelli)

L. 2 158 860

Varie.

Acquisto IGE L.	96 755
Postali »	130 865
Stampati - cancelleria »	81 382
Culturali »	58 120
Varie e banca »	5 080
Amministrazione e compensi personale »	173 000
	» 545 202

Storno crediti soci morosi:

N. 1 juniores (1959) a L.	1 550	L.	1 550
» 11 juniores (1960) »	2 500	»	27 500
» 33 individuali »	4 000	»	132 000
		»	161 050

L. 2 865 112

Giro conto a contr. 1961 - add. quote Raengo - Scudellari - Vassanelli »	9 000
--	-------

Avanzo esercizio 1960 »	206 795
-----------------------------------	---------

Residuo al 31-12-1960 L.	989 079,80
------------------------------------	------------

CONTO PATRIMONIALE

ATTIVO

In cassa al 31-12-60 L.	1 631 339,80
Titoli al valore nominale »	350 000
<i>Crediti soci morosi</i>	
N. 3 juniores a L.	2 500
» 11 individuali »	4 000
» 1 » »	700
» 1 » »	2 300
» 2 coll. 1 ^a cat. »	4 500
	» 9 000
	» 63 500
	L. 2 044 839,80
Giro conto a contr/1961 addebito quote Scudellari - Raengo - Vassanelli »	9 000
	L. 2 053 839,80

PASSIVO

Saldo competenze a Ufficio Centrale:

Totale addebiti L.	2 158 860
Versamenti in conto »	1 094 100

Differenza »	1 064 760
------------------------	-----------

L. 989 079,80

SONO RICHIESTE ANNATE COMPLETE ARRETRATE DELLA RIVISTA ALTA FREQUENZA DEGLI ANNI 1932 E SEGUENTI SINO AL 1943 COMPRESO INOLTRE LE ANNATE 1947-1955-1956 E 1958.

COLORO CHE FOSSERO DISPOSTI A CEDERLE SONO PREGATI DI SCRIVERE ALL'UFFICIO CENTRALE DELL'AEI - CEI.

COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO

C. E. I.

Riunioni dei Sottocomitati e delle Commissioni di Studio del CEI avvenute nel mese di Marzo 1961

presso la sede del CEI o in altra sede specificata

1° marzo, ore 9 - Sottocomitato 103 « *Telefonia* » Commissione « *Onde convogliate AT* » - Gruppo di redazione; presiede dr. ing. E. Sailer.

— Discussione Norme sulle stazioni terminali per impianti a onde convogliate.

1° marzo, ore 11,30 (presso Ufficio prof. Bottani, via A. Saffi 15, Milano) - Sottocomitato 17 « *Grossa apparecchiatura* » Commissione « *Interruttori corrente alternata AT* »; presiede prof. E. Bottani.

— Proseguimento esame nuova Bozza di Norme per interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V.

2 marzo, ore 15 - Sottocomitato 2 « *Macchine rotanti* » - Riunione ristretta; presiede dr. ing. F. Tedeschi.

— Risposta a un questionario per modifiche da apportare alla Publication 34 IEC.

2 marzo, ore 15,30 (presso S.p.A. Philips, piazza IV Novembre 3, Milano) - Sottocomitato 108 « *Apparecchi per radiologia ed elettromedicina* » - Gruppo di lavoro « *Norme per apparecchi radiologici di Roentgendiagnostica* »; presiede dr. ing. M. Scolari.

— Discussione articoli del Progetto CEI - Cap. II.

4 marzo, ore 9,30 - Sottocomitato 9 « *Trazione* » - Commissione « *Revisione Norme per impianti elettrici per filovie e veicoli filoviari* »; presiede dr. ing. U. Ferella.

— Esame osservazioni e proposte.

6 marzo, ore 15 - Sottocomitato 11 « *Impianti* » - Commissione « *Serrature ascensori* »; presiede prof. C. Volpi.

— Oggetto e definizioni per il Marchio di Qualità.

6 marzo, ore 15 - Sottocomitato 20 « *Cavi* » - Commissione 20-B - Gruppo di lavoro 2 « *Metodi di prova sui materiali isolanti e guaine dei cavi per energia* »; presiede dr. ing. F. Marrochi.

— Continuazione esame Progetto Norme relativo alle prescrizioni di prova per i materiali elastici o termoplastici impiegati nella costruzione di cavi per energia.

8 marzo, ore 21 - Sottocomitato 14 « *Trasformatori* » - Gruppo di lavoro; presiede dr. ing. E. Balp.

— Revisione Norme trasformatori.

13 marzo, ore 11 (presso Soc. Orobica, via Beruto 18, Milano) - Sottocomitato 11 « *Impianti* » - V Riunione Presidenti e Segretari Commissioni; presiede on. prof. N. Faletti.

1) Comunicazioni del Presidente.

2) Stato attuale dei lavori delle Commissioni e prospettive per l'attività futura.

13 marzo, ore 21 - Sottocomitato 14 « *Trasformatori* » - Gruppo di lavoro; presiede dr. ing. E. Balp.

— Revisione Norme Trasformatori.

14 marzo, ore 15 - Sottocomitato 11 « *Impianti* » - Commissione « *Impianti in locali con pericolo d'esplosione o d'incendio* » - Comitato di redazione; presiede dr. ing. G. E. Niccoli.

— Esame appendice impianti elettrici nei locali ove si eseguono processi di finitura.

16 marzo, ore 10 - Sottocomitato 41 « *Relè* » - Riunione plenaria; presiede prof. A. Parrini.

1) Comunicazioni della Presidenza.

2) Risposte all'inchiesta sui riduttori di corrente e di tensione.

17 marzo, ore 9,30 (presso Edisonvolta, via Ceresio 7/9, Milano) - Sottocomitato 32 « *Fusibili* » - Commissione « *Fusibili BT* »; presiede dr. ing. L. Antoniazzi.

— Esame osservazioni pervenute a seguito d'inchiesta pubblica sul fascicolo S 181 « Progetto di Norme particolari per i fusibili con portacartuccia avvitato ».

18 marzo, ore 9 - Sottocomitato 39 « *Tubi elettronici e semiconduttori* » - Commissione 39-2 « *Semiconduttori* »; presiede prof. G. Francini.

— Esame documenti internazionali da discutersi alla prossima riunione di Interlaken per il TC 47 IEC.

18 marzo, ore 10,30 - Sottocomitato 39 « *Tubi elettronici e semiconduttori* » - Riunione plenaria in preparazione alla riunione internazionale di Interlaken; presiede dr. ing. G. Rochat.

1) Relazioni:

a) ing. Gratta per i tubi elettronici;

b) prof. Francini per i semiconduttori.

2) Formazione nuovo Sottocomitato 47 CEI « *Semiconduttori* ».

3) Relazioni sui lavori delle Commissioni « *Norme di collaudo per i tubi trasmettenti* » e « *Norme per l'interpretazione dei dati di impiego dei tubi ricevanti* ».

20 marzo, ore 10,30 - Sottocomitato 29 « *Elettroacustica* » - Riunione plenaria; presiede prof. G. Sacerdote.

1) Relazione sui lavori in corso.

2) Partecipazione alla riunione del TC 29 e del Sottocomitato 29 A a Helsinki (10-16 giugno 1961).

20 marzo, ore 14,30 - Sottocomitato 42 « *Prove ad alta tensione* » - Riunione plenaria; presiede prof. F. Barozzi.

— Discussione documento IEC 42 (B.C.) 6 - Capitoli V e VI.

23 marzo, ore 9,15 - Sottocomitato 20 « *Cavi* » - Commissione 20 C « *Portate di corrente dei cavi d'ogni tipo* »; presiede dr. ing. A. Gulinello.

1) Esame dei criteri base e delle regole per il calcolo delle portate dei cavi in relazione alla loro costruzione e alle condizioni di posa, limitatamente al funzionamento in esercizio normale.

2) Esame del primo « *assaggio* » di determinazione delle portate mediante calcolatore elettronico.

3) Definizione di un programma di lavoro immediato tenendo conto dei dati finora disponibili (discussione cavi e criteri di calcolo).

4) Gruppo di lavoro CIGRE per il calcolo delle portate: — istruzioni al rappresentante italiano circa alcuni valori numerici da introdurre nelle formule di calcolo concordate internazionalmente.

5) Decisioni circa un'indagine in campo nazionale relativamente ai valori della resistività termica del terreno.

23 marzo, ore 15 - Sottocomitato 11 « *Impianti* » - Commissione « *Impianti in locali con pericolo d'esplosione o d'incendio* » - Comitato di redazione; presiede dr. ing. G. E. Niccoli.

— Esame appendici per granai e laboratori chimici.

27 marzo, ore 14,30 - Sottocomitato 33 « *Condensatori* » - Riunione plenaria; presiede dr. ing. E. Carapezza.

1) Esame doc. IEC 33 (Secr.) 34.

2) Esame nuovo progetto Norme « *Condensatori statici per impianti di energia a corrente alternata* » elaborato dall'apposita Commissione presieduta dall'ing. G. Paleari.

3) Riunione di Interlaken del TC 33 IEC (29-30 giugno 1961).

28 marzo, ore 9,30 - Sottocomitato 7 « *Materiali conduttori* » - Riunione plenaria; presiede dr. ing. C. Pramaggiore.

1) Esame osservazioni pervenute durante l'inchiesta pubblica al Progetto Varianti alle Norme per i conduttori d'alluminio S 179.

2) Esame progetto revisione Norme CEI 7-4 « *Conduttori rigidi di connessione* ».

3) Revisione Norme CEI 7-6 per il controllo zincatura a caldo per comprendere anche le Norme della zincatura elettrolitica e della zincatura a spruzzo.

28 marzo, ore 15 - Sottocomitato 40 « Componenti per apparecchiature elettroniche » - Gruppo di lavoro « Prove climatiche e meccaniche »; presiede dr. ing. H. Mayr.

— Discussione osservazioni alla bozza per la revisione Norme per le prove climatiche e meccaniche.

*

Nota illustrativa al Progetto di Norme per macchine per lavare ed asciugare la biancheria di uso domestico e similare

Il presente progetto di Norme per macchine per lavare ed asciugare, immesso all'inchiesta pubblica, s'aggiunge alla serie dei fascicoli di norme di determinati apparecchi elettrodomestici che sono già stati pubblicati a cura di questo Sottocomitato, a completamento delle « Norme generali per gli apparecchi elettrici a motore d'uso domestico » 107-10, febbraio 1958.

I criteri di compilazione non si sono allontanati da quelli che sono stati seguiti precedentemente e pertanto è stato curato l'allineamento delle Norme con le prescrizioni della CEE (Commission Internationale de Réglementation en vue de l'Approbation de l'Équipement Électrique) che rappresentano attualmente, per quello che si riferisce alla regolamentazione generale e di sicurezza, il codice internazionalmente già accettato nel campo degli apparecchi e delle attrezzature elettriche destinati all'utilizzatore incompetente. La stesura del progetto ha invece presentato qualche difficoltà in relazione alla regolamentazione di « qualità » per la penuria di norme, anche straniere, che avessero già avuto conferma d'impiego nei laboratori di prova. In queste condizioni la Commissione di studio del Sottocomitato cui è stata affidata l'elaborazione del progetto, composta dai Signori: dr. ingg. Luigi Ventrella, Ario Coceani, Paolo Piva, Giuseppe Pollini, ai quali si sono aggiunti come esperti i Signori: Niso Fumagalli e il dr. ing. Luigi Bescocca, si è valsa per le norme di qualità prevalentemente di quelle in preparazione in Francia a cura de l'Union Technique de l'Électricité, che ringraziamo da questa sede per la cortesia e sollecitudine con le quali ha messo a disposizione della Commissione i suoi testi, non ancora ufficiali, a mano a mano che procedeva la elaborazione di essi.

Ci auguriamo che ora il progetto sia oggetto di diligente esame da parte di tutti gli interessati, in sede d'inchiesta pubblica in modo che, a seguito di eventuali osservazioni ed aggiunte che saranno prese in considerazione dal Sottocomitato, il nuovo fascicolo di norme possa rappresentare un utile strumento di consultazione oltre che la base del controllo della produzione delle macchine per lavare ed asciugare, produzione che s'è recentemente inserita tra quella degli altri elettrodomestici, con sintomi di promettente espansione nel mercato interno e in quelli di esportazione.

Il Presidente del Sc. 107
U. Pittaluga

*

Nota illustrativa al Progetto di Norme per cavi isolati con carta impregnata per tensioni fino a 60 kV

1. - Questo progetto di norme, destinate a sostituire le vecchie norme CEI 20-1 e loro varianti, ediz. 1941, è stato elaborato da una apposita Commissione del Sottocomitato n. 20 ed approvato dal Sottocomitato stesso dopo due riunioni che fecero seguito alle numerose riunioni della Commissione suddetta. Le persone che hanno maggiormente partecipato all'elaborazione e stesura del progetto sono, oltre al presidente del Sottocomitato 20, ing. A. Gulinello e al Segretario, ing. F. Marocchi, il Segretario della Commissione di studio 20 A,

ing. A. Morello, ed i Signori ingg. M. Altieri, L. Antoniazzi, F. Baldassari, P. Fusar Poli, P. Gaja, G. Palandri, R. Peruzzi, A. Porta, P. A. Salvini, G. Segre, A. Terracini, P. Zurletti, alcuni dei quali rappresentati temporaneamente da competenti collaboratori.

2. - Il progetto si presenta notevolmente modificato rispetto alle norme tuttora in vigore: i capitoli relativi alla costruzione e alle prove sono stati ampliati e rinnovati, mentre quello relativo alle portate di corrente e in genere alle condizioni d'impiego è stato soppresso, intendendosi pubblicare un fascicolo di norme a parte per tali argomenti.

Nella preparazione di questo progetto si è tenuto conto sia dei progressi della tecnica, sia delle norme estere e in particolare delle norme internazionali (Fasc. n. 55 della IEC) per i cavi in carta; le norme internazionali sono però in corso di revisione e solo in parte si è potuto tener conto di quello che sarà probabilmente il loro testo definitivo.

In vista anche della pubblica inchiesta si ritiene utile richiamare particolarmente l'attenzione sui seguenti punti.

3. - Il progetto prevede cavi con le seguenti tensioni nominali d'isolamento: 1 - 3 - 6 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 45 - 60 kV; inoltre per alcune di tali tensioni sono previste due o tre categorie di cavi, secondo che essi sono destinati a sistemi con neutro a terra o a sistemi con neutro isolato e (in questo secondo caso) passibili di funzionare con una fase a terra per breve tempo o per lungo tempo. Gli interessati, soprattutto utilizzatori di cavi, sono pregati di comunicare al CEI se ritengono necessario normalizzare tutti i numerosi tipi di cavi suddetti, costruttivamente diversi fra loro.

4. - Gli spessori dell'isolante previsti nel nuovo progetto sono in genere diversi da quelli delle vecchie norme; in particolare, per i cavi « con cintura », che sono i più usati per tensioni fino a 15 kV, gli spessori tra conduttori e guaina di piombo sono previsti minori di quelli tra conduttori e conduttori, mentre nelle vecchie norme essi erano uguali. È ammesso l'uso di carta semiconduttrice a contatto con i conduttori, secondo una consuetudine ormai affermata in tutti i paesi.

Per la guaina di piombo, che può essere puro o in lega, sono previsti spessori leggermente minori di quelli prescritti dalle vecchie norme. Inoltre è previsto l'uso di guaine d'alluminio anziché di piombo.

Poco c'è di cambiato riguardo alle armature, mentre è stato aggiunto un nuovo tipo di rivestimento protettivo che è ormai molto usato, sia da solo sia in combinazione con le armature, cioè la guaina di materiale termoplastico.

5. - Il dettagliato capitolo delle prove distingue, come nelle vecchie norme, prove su pezzature e prove su campioni o spezzoni. Per queste ultime si dà una regola per stabilire il numero dei campioni da provare in relazione all'entità della fornitura, alla tensione d'isolamento (in genere tale numero è più alto per i cavi a tensione più alta) e al tipo di prova (certe prove si fanno solo su cavi a tensioni superiori a 10 kV). È inoltre ammesso il criterio, già introdotto nelle norme internazionali, che per forniture non superiori a 2 km — e in certi casi anche per forniture maggiori — le prove su campioni (o alcune di esse) possono essere omesse, a condizione che il fabbricante dimostri — con documenti accettabili dall'acquirente — di avere in precedenza eseguito con successo le stesse prove su campioni prelevati da almeno una fornitura di cavo costruttivamente simile.

6. - I metodi e i valori di prova specificati nel progetto sono in genere in accordo con le norme internazionali, in diversi punti sono invece più severi di quelli delle norme stesse e di varie norme estere. Notevoli modifiche rispetto alle vecchie norme sono state introdotte negli articoli riguardanti la misura dell'angolo di perdita, la misura del fattore di ionizzazione, la prova di piegatura, ecc. È stata abolita la prova di un minuto ad alta tensione ed è stata introdotta la misura dell'angolo di perdita a varie temperature, nonché — come prova eccezionale — la misura dell'angolo di perdita dopo un ciclo termico.

Fra i controlli costruttivi è stato aggiunto quello della regolare disposizione dei nastri di carta costituenti l'isolante.

F. Marocchi